8° Phys. L.
505 b.

Pfaff

<36613624870011

<36613624870011

Bayer. Staatsbibliothek

R

Der
Elektro-Magnetismus,

eine

historisch-kritische

Darstellung der bisherigen Entdeckungen

auf dem Gebiete desselben,

nebst eigenthümlichen Versuchen;

von

Dr. C. H. Pfaff,
Professor der Medicin und Chemie an der Universität zu Kiel, Ritter vom Danebrog und Mitgliede mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Mit acht Abbildungen.

Hamburg,
bey Perthes und Besser.
1824.

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort.

Der Zweck dieser Schrift ergibt sich zur Genüge aus dem Titel derselben. Es schien mir nicht unverdienstlich, in einer so wichtigen Lehre, wie die des Elektro-Magnetismus, die vielen in mehreren Journalen und einigen kleinern Schriften zerstreuten Materialien so vollständig, wie möglich, zu sammeln und zur leichtern Uebersicht bequem zu ordnen. Dabey beabsichtigte ich zugleich eine *geschichtliche* Darstellung. Der Antheil, den jeder einzelne Forscher an

der Ausbildung und so raschen Entwicklung dieser neuen Disciplin sich zuzueignen hat, sollte hier unparteyisch gewürdigt, und das Verdienst der Entdeckung Jedem, der es erworben, dadurch gesichert werden. Eine solche Geschichte kann nicht zu früh geschrieben werden. Aus den stillen Kreisen, in welchen die Thaten der Wissenschaft reifen, geht die Kunde davon sogleich rein und ungetrübt hervor, nicht entstellt durch die Leidenschaften der Parteyen, wie bey den Thaten, welche die politische Geschichte zu ihrem Gegenstande hat, Leidenschaften, von welchen der Zeitgenosse dieser Thaten sich kaum frey erhalten kann, und für welche daher meistens nur der Enkel der passende Geschichtschreiber ist. Wenn die Lehre vom Galvanismus mehr als einen Historiker gefunden hat, so mag die ihr an Wichtigkeit kaum nachstehende, auf ihrem Grund und Boden erwachsene neue Lehre eines solchen wohl auch werth erachtet werden. Der Vollständigkeit der geschichtlichen Darstellung wegen mußten daher auch manche Versuche hier erzählt werden, die durch spätere, noch genauere und in einer verbesserten Form angestellte, für die Kenntniß der Sache selbst jetzt sehr wohl ignorirt werden könnten. Ja die

Geschichte hat selbst Irrthümer aufzubewahren. Ich habe bey der Ausarbeitung dieser Schrift ein größeres Publicum im Auge gehabt, — nehmlich nicht bloß die verhältnißmäßig doch immer nur geringe Zahl der Physiker im engern Sinne, deren eigentlicher Beruf das Studium und die Pflege der Naturlehre und deren stetes inneres Leben gleichsam nur der Reflex des äußern Naturlebens ist, sondern auch die zahlreichen Freunde und Liebhaber der Naturwissenschaften, deren nächster Beruf zwar ein anderer, als der angegebene, ist, die aber doch Interesse für alle den Kreis des menschlichen Wissens erweiternde Entdeckungen in dem Gebiete der Physik haben, die es nicht verschmähen, in den Stunden ihrer Muße sich mit einer Voltaischen Säule oder mit den unterhaltenden Erscheinungen der verstärkten Elektricität, oder jenen geräuschlosen, aber den Geist nur um so mächtiger ergreifenden Wirkungen des Magnetismus bekannt zu machen, jene wahren Ehrenmitglieder dieses Faches, die, wie ein Canonicus Kleist oder ein Bürgermeister von Magdeburg, endlich selbst auf den höchsten Stufen des Lebens stehend, wie ein Dalberg, wenn gleich zunächst nur Liebhaber, durch ihre Entdeckungen den Männern vom Fache selbst den Rang abgewonnen haben. Für die Mehrzahl solcher Freunde,

wohin auch viele Aerzte gerechnet werden müssen, denen ihre vielfachen Geschäfte nicht erlauben, solche physikalische Gegenstände aus den Quellen selbst mühsam zu schöpfen, und denen die strengere Physik auch wohl fremd ist, mußte daher der Vortrag so populär, wie möglich, eingerichtet werden; und in einer solchen allgemein verständlichen und klaren Hinstellung und zweckmäßigen systematischen Anordnung aller wichtigen Erscheinungen suche ich das Hauptverdienst dieser Schrift, wenn sie mir nach dem Urtheile der Kenner gelungen seyn sollte. Eben darum habe ich die tiefer gehenden mathematischen Erörterungen, sofern sie auch in dieser Lehre bereits versucht worden sind, übergangen. Jede gründliche Darstellung der Erscheinungen im Raume und in der Zeit muß zwar ihrer Natur nach mathematisch seyn, aber bloß als solche kann sie sich innerhalb der Gränzen derjenigen Mathematik halten, die auch dem bloßen Liebhaber der Physik nicht fremd seyn darf. Worauf ich mich nicht einließ, waren mehr jene mathematischen Grundformeln, deren richtiges Verständniß die Kenntniß der höheren Mathematik voraussetzt, und die in die weitere mathematische Entwicklung physikalischer Lehren verwiesen werden können. Was noch die eigenthümlichen

Versuche betrifft, die als eine besondere Zugabe von meiner Seite betrachtet werden können, so sind zwar durch sie dem bereits so vielfach bearbeiteten Gegenstande keine neuen Seiten abgewonnen, jedoch einige zu rasche Folgerungen dadurch in ihre gehörigen Schranken zurückgewiesen, und in der von mir gebrauchten einfachen Vorrichtung der Unterbrechung des festen Leiters durch einen flüssigen der Weg zu einer weiten Reihe von Versuchen eröffnet, die für die Theorie des Galvanismus nicht unwichtig sind, mit deren Verfolgung, so wie der Erweiterung meiner Versuche über das magnetische Verhalten der gewöhnlichen Maschinen-Elektricität, ich noch beschäftigt bin, von deren Resultaten ich in einem physikalischen Journale weitere Rechenschaft ablegen werde. Daß ich den Thermo-Magnetismus nicht zugleich mit abhandelte, davon lag der Grund vorzüglich darin, daß eine Sache in ihrem ersten Entstehen noch nicht eigentlicher Gegenstand für die Geschichte seyn kann, auch wurden mir die darauf sich beziehenden Erfahrungen erst bekannt, nachdem der größte Theil dieser Schrift schon abgedruckt war. Möge meine Arbeit der Lehre vom Elektro-Magnetismus neue Freunde gewinnen, und in dem stillen und reinen Genusse, den die klare Anschauung und er-

weiterte Erkenntniß der einfachen und unwandelbaren Gesetze, unter welchen die schöne Ordnung der Natur besteht und ihr stets reges Leben seinen ruhigen Rhythmus hält, ihnen einigen Ersatz verschaffen für den Schmerz, womit der Anblick der Verwirrung und des Haders in den Gebieten, wo der Mensch selbst das Gesetz zu geben hat, in unsern Tagen so oft tief verwundet.

Geschrieben im October 1823.

Der Verfasser.

Inhalt.

Vorwort.

I. Frühere Ansichten und Erfahrungen über das Verhältniß der Elektricität zum Magnetismus, insbesondere in Beziehung auf die Zurückführung derselben auf ein gemeinschaftliches Princip. = = = = = = = Seite 1

1. Ansichten bis zu van Swindens Sammlung von Denkschriften. 2. Einfluß der Entdeckung des Galvanismus; v. Yelins Rede. 3. Wesentliche Verschiedenheit eines Magnets von einer Voltaischen Säule. 4. Oersteds glänzende Entdeckung. Das Historische. Streit über die Priorität der Entdeckung. 5. Weitere Ausbildung der Entdeckung. Literatur.

II. Der sogenannte elektrische Strom der Galvanischen Kette und Voltaischen Säule. Ansicht desselben nach der Theorie einer elektrischen Materie und aus dem dualistischen Standpuncte. Dynamische Ansicht. = = = S. 14

6. Vorläufige Begriffe. Dynamische und atomistische Ansicht der elektrischen Thätigkeit. 7. Verschiedene Beziehung des positiven Stromes auf die beyden Metalle in der Kette und Säule. 8. Mitwirkung des Leiters des elektrischen Stromes in dem magnetischen Verhältnisse.

III. Magnetisches Verhältniß im Allgemeinen. Vertheilung der magnetischen Pole an den magnetischen Körpern. Erscheinungen an der Magnetnadel. Declinations- und Inclinations-Verhältnisse. Richtende Kraft der Erde. = S. 20

9. Magnetische Pole, freundschaftliche und feindliche; Gesetz ihrer Wechselwirkung. 10. Die Magnetnadel, Vertheilung ihrer Polaritäten. 11. Declination der Magnetnadel. Declinationsnadel. Richtende Kraft der Erde. 12. Oscillationen der Magnetnadel als Maß für die magnetische Kraft. 13. Neigung der Magnetnadel. Inclinationsnadel. 14. Erdmagnetismus. 15. Transversal-Magnetismus.

IV. Wirkungen des durch einen horizontalen Schließungsdrath hindurch gehenden elektrischen Stromes auf die Declinationsnadel. Bequeme Vorrichtung zur Anstellung dieser Versuche. S. 23

16. Vorläufige Bemerkungen über den elektrischen Strom eines Voltaischen Apparats und eines einfachen Galvanischen Elektrometors. Beschreibung eines bequemen Apparats zur Anstellung der Versuche. 17. Vier Hauptfälle der Ablenkung nach den vier Hauptrichtungen des elektrischen Stroms. Entgegengesetzte Richtung der Bewegung bey der Führung des elektrischen Stromes über

und unter der Nadel. 18. Allmählige Drehung des Schließungsdrathes durch alle Azimuthe bey fortdauernder Schließung. Scheinbare Fortziehung und Fortstoßung der Magnetnadel. 19. Versuche verschiedener Physiker über die Größe und Richtung der Ablenkung der Declinationsnadel. 20. Versuche mit einer astatischen Magnetnadel. Beschreibung der Vorrichtung. 21. Gehörige Stellung der Magnetnadel, um sie astatisch zu machen. 22. Wirkung des elektrischen Stroms auf diese astatische Nadel.

V. Inclinations-Veränderungen der Declinationsnadel durch die Einwirkung des elektrischen Stromes in einem horizontalen Leitungsdrathe. Versuche mit der Inclinationsnadel. S. 46

23. Erste Andeutung von Neigungsbewegungen durch Oersted. 24. Besonderes Verhalten eines an der Spitze der Nadel gelegenen Punctes in Beziehung auf Inclinations-Bewegung. 25. Gilberts Versuche mit der Inclinationsnadel. 26. Des Verfassers Versuche. 27. Ermanns Versuche.

VI. Wirkung des lothrechten Leitungsdrathes auf die Abweichungsnadel. Scheinbare Anziehungen und Abstoßungen. Merkwürdige Puncte der Magnetnadel. Faraday's genauere Bestimmungen. Berichtigung derselben. = = S. 53

28. Oersteds erste Versuche. 29. Ampère's, der Genfer Physiker, und Gilberts Versuche. 30. Versuche des Verfassers. 31. Allgemeines Gesetz für das Verhalten der Nadel gegen den lothrechten Schließungsdrath. Ablenkung rund um denselben, nach einer Seite gerichtet. Poggendorfs frühere Versuche. 32. Faraday's Versuche. Berichtigung.

VII. Allgemeines Schema für die Bestimmung dieser verschiedenen Arten der Bewegung der Magnetnadel. = S. 63

33. Oersteds allgemeine Formel. 34. Ampère's und Gilberts allgemeines Schema. 35. Anwendung dieses Schema auf die Inclinations-Veränderungen der Magnetnadel.

VIII. Nähere Würdigung der Umstände, welche auf die Größe der bisher betrachteten elektro-magnetischen Bewegungen Einfluß haben. Beziehung dieser Umstände auf die Stärke des elektrischen Stromes. = = = = S. 69

37. Die Magnetnadel im Allgemeinen, als ein Reagens für die Stärke des elektrischen Stromes betrachtet.

A. Einfluß der verschiedenen Beschaffenheit der Galvanisch-elektrischen Apparate auf die Größe und Art der magnetischen Bewegungen. = = = = = S. 71

37. Uebergewicht der Größe der Oberfläche des feuchten Zwischenleiters und der davon abhängigen Leitung über die Zahl der Abwechselungen und der davon abhängigen Spannung.

B. Einfluß des chemischen Processes in den Galvanisch-Voltaischen Apparaten auf die magnetische Wirksamkeit derselben. . S. 78
38. Ueber die Benennung: „chemischer Magnetismus.“ 39. Versuche, welche für den großen Einfluß des chemischen Processes zu sprechen scheinen. Poggendorfs, Seebecks und Pohls Versuche. 40. Gegenversuche des Verfassers. Allgemeine Betrachtung.

C. Einfluß der verschiedenen Beschaffenheit und anderweitiger Verhältnisse des leitenden oder die Kette schließenden Körpers, von welchem die Wirkung unmittelbar auf die Magnetnadel ausgeht. . . . . . S. 85
41. Allgemeine Betrachtung. a. Feste Leiter. 42. Davys interessante Versuche über den Einfluß der Länge, Dicke, besondern Natur und der Temperatur des metallischen Leiters auf die Größe der elektrischen Leitung in demselben, und die davon abhängige magnetische Wirksamkeit. 43. Poggendorfs Versuche mit verschiedenen festen Leitern. b. Flüssige Leiter. 44. Davy's und Poggendorfs Versuche. 45. Versuche des Verfassers. Bestimmung des elektrischen Leitungs-Vermögens verschiedener Flüssigkeiten.

D. Einfluß der mehrfachen Umschlingungen des Leitungsdrathes auf die Verstärkung der Wirkung. Elektro-magnetischer Multiplicator. . . . . . S. 101
46. Erfindung und Einrichtung des Multiplicators durch Schweigger. 47. Poggendorfs damit angestellte Versuche. 48. Raschigs Versuche zur Widerlegung der Theorie fester polarer Axen des Leitungsdrathes. 49. Verschiedene andere Versuche. 50. Versuche des Verfassers. 51. Etwas zur Theorie des Multiplicators.

E. Wirkung des elektrischen Stromes, unabhängig von allen Leitern desselben, an sich selbst betrachtet. . . S. 116
52. Davy's Versuche.

F. Einfluß der Entfernung der Magnetnadel vom Leitungsdrathe auf die Bewegungen derselben. Umkehrung der Declination durch bloße Entfernung. . . . S. 118
53. Seebecks Versuche über die Umkehrung der östlichen in die westliche Abweichung und umgekehrt durch bloße seitliche Entfernung der Magnetnadel vom Leitungsdrathe. Curve dieser Umkehrungen.

IX. Erregung des Magnetismus in unmagnetischem Eisen und Stahl durch den Galvanischen Strom. Wirkung schraubenförmig gewundener Leitungsdräthe auf Nadeln, die innerhalb und außerhalb der Schraubenwindungen sich befinden. Gesetz für die Vertheilung der magnetischen Pole unter diesen Umständen. Ueber die Bedeutung gewisser krummer Linien in dem elektro-magnetischen Processe. . . . S. 119
54. Einleitende Betrachtung. Das Historische. 55. Anziehung von Eisenfeile durch Leitungsdräthe, und Figuren, welche sie bildet. 56. Seebecks Versuche über Erregung von bleibendem Magnetismus in Stahlnadeln.

Wichtiges Gesetz. 57. Ueber Spiralen und Schrauben, als dynamische Linien betrachtet. Vorläufige Erläuterungen. 58. Arrago's Versuche mit schraubenförmig gewundenen Schließungsdräthen. 59. Versuche der italienischen Physiker und Davy's mit eben denselben.

X. Wirkung von Magneten auf Leitungsdräthe. Anziehung und Abstoßung letzterer durch erstere. Wirkung des Erdmagnetismus auf Leitungsdräthe. Richtung derselben in den magnetischen Meridian und Inclinations-Phänomene, welche sie zeigen. = = = = = S. 135

60. Allgemeiner Grundsatz der Reciprocität der Kräfte bey Anziehungserscheinungen. 61. Erste Versuche Schweiggers. 62. Ampère's schraubenförmig gewundener Schließungsdrath, ein gewöhnlicher Magnet. 63. De la Rive's und Raschigs Apparate. 64. Ermanns Rotations-Apparat. Bewegung zwischen den Polen eines Hufeisen-Magnets. 65. Richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf einen Galvanisch durchströmten Leitungsdrath. Ampère's und Seebecks Versuche (Nachtrag hierzu XV. 93). 66. Indifferenzzustand des elektrisch durchströmten Leitungsdrathes unter besondern Umständen, von v. Yelin beobachtet (zweifelhaft gemacht durch XV. 94.). 67. von Althauß's Versuche.

XI. Wirkung der beweglichen Leitungsdräthe auf einander. Wechselseitige Anziehung, welche in gleichen Richtungen, und wechselseitige Abstoßung, welche in entgegengesetzten Richtungen fließende elektrische Ströme auf einander ausüben. Ampère's Verdienste um diesen Theil des Elektro-Magnetismus. = = = = = = S. 152

68. Schweiggers und Ermanns vergebliche Versuche. 69. Ampère's interessante Versuche und sinnreiche Apparate zur Anstellung derselben.

XII. Kreisförmige Bewegung eines Leitungsdrathes um den Pol eines Magnets und der Pole eines Magnets um einen fest stehenden Leitungsdrath. Faraday's merkwürdige Versuche. Kreisung eines Magnets um seine eigene Axe. Ampère's Versuche. = = = = = S. 160

70. Faraday's erster Schritt zu seiner Entdeckung. 71. Kreisung eines beweglichen Schließungsdrathes um den Pol eines Magnets. 72. Kreisung eines Magnetpols um einen Schließungsdrath. 73. Zweifel gegen Faraday's Erklärungsprincip. 74. Eigenthümliche Bewegungen von Magnetpolen und Magnetnadeln, aus dem Gesetze ihres Kreisens abgeleitet. 75. Anderweitige elektro-magnetische Bewegungen, die sich auf das Kreisen zurückführen lassen. 76. Erweiterung der Entdekkung Faraday's durch Ampère. Drehende Bewegung eines Magnetstabs und eines Schließungsdrathes um seine eigene Axe. 77. Apparat zur Darstellung dieser Bewegungen. 78. Barlows Versuch über Umdrehung

eines elektrisch durchströmten Rads um seine Axe durch Einwirkung eines Hufeisenmagnets.

XIII. Vergleichung der Wirksamkeit der auf mechanische Weise erregten gewöhnlichen Maschinen-Elektricität in Erregung magnetischer Erscheinungen mit der Galvanischen Elektricität. Unwirksamkeit des einfachen elektrischen Stromes. Wirksamkeit einfacher elektrischer Funken, so wie elektrischer Entladungsschläge. Einfluß der Gestalt des Leiters und der Richtung des elektrischen Stromes auf die Lage der dadurch erzeugten Magnetpole in Stäben von Stahl, welche der Einwirkung desselben unterworfen werden. Wechselseitige Anziehung gewöhnlicher elektrischer Ströme gegen einander, wenn sie in gleicher Richtung gehen, und Abstoßung bey entgegengesetzter Richtung. . . . . S. 182

79. Einleitende Betrachtungen. 80. Versuche mit dem einfachen Strome einer Elektrisirmaschine; von Yelins und Davy's Versuche. Eigene Versuche des Verfassers. 81. Versuche von Yelins und Davy's über die Erregung des Magnetismus in Stahlnadeln durch einfache und Entladungsfunken. 82. Aehnliche Versuche holländischer Physiker. 83. W. Pfaffs Versuche über die Magnetisirung von Stahlnadeln durch Archimedische Spiralen, durch welche Funken schlagen. 84. Seebecks Versuche. 85. Schmidts Versuche.

Theorieen des Elektro-Magnetismus.

XIV. Allgemeine Betrachtungen über Theorieen. Physisches Princip. Mathematisches Princip. Mögliche Erklärungs-Principien für den Elektro-Magnetismus. . . S. 199

86. Einleitende Betrachtungen über Theorieen überhaupt. 87. Aufgaben für die Theorieen des Elektro-Magnetismus insbesondere. 88. Aufzählung der möglichen Erklärungsarten des Elektro-Magnetismus und der Repräsentanten für jede derselben.

XV. Theorieen, welche die Identität der Elektricität und des Magnetismus annehmen, und beyde Arten von Thätigkeit aus derselben Grundkraft ableiten. Oersteds, Ampère's und Prechtls Theorieen. Gesetze des Transversal-Magnetismus. . . . . . . S. 206

A. Oersteds Theorie. 89. Darstellung der Theorie im Allgemeinen. 90. Anwendung auf Erklärung einzelner besonderer Fälle. 91. Kritik derselben.

B. Ampère's Theorie. 92. Ausführliche Entwickelung derselben und Anwendung auf die Erklärung aller Hauptclassen von Erscheinungen. 93. Beseitigung einiger Einwürfe und Schwierigkeiten durch eine nähere Bestimmung der Theorie. Merkwürdige Bewegungen eines aus einem Multiplicator gebildeten Elektro-Magnets, als Nachtrag zu X. 63.

C. Prechtls Theorie. 95. Ausführliche Darstellung derselben. 96. Kritik derselben. (Ermanns hierher gehörige Theorie s. unter F).

XVI. Theorieen, welche Elektricität und Magnetismus als verschiedene Kräfte ansehen, und erstere als bloßes Erregungsmittel des Magnetismus in den elektro-magnetischen Versuchen betrachten. . . . . S. 257

97. D. Seebecks und Pohls Ansicht von einem den Schließungsdrath umkreisenden (Circular-) Magnetismus. 98. Seebecks Ansicht. 99. Bemerkungen darüber. 100. Pohls Ansicht.

E. von Althauß's, Berzelius's und Muncke's Ansicht von einem tetrapolaren Transversal-Magnetismus. 101. Darstellung der Theorie Muncke's insbesondere und Prüfung derselben.

F. Ermanns Theorie eines diagonaloiden Magnetismus (vergl. oben). 102. Darstellung und Prüfung.

G. Schmidts Theorie eines bipolaren Transversal-Magnetismus. 103. Darstellung. 104. Einwürfe dagegen.

Anhang.

105. Faradays Princip der kreisförmigen Bewegung. S. 280

106. Theoretische Schlußbetrachtungen. . . S. 284

Druckverbesserungen.

S. 3 Z. 7 statt gerechtes lies gereiftes.
— 14 Z. 7 in der Anm. statt wurde lies wäre.
— 41 Z. 10 — Fig. 5 — Fig. 12.
— 43 Z. 8 u. 9 v. u. — die Axe — die Drehungsaxe.
— 46 Z. 1. v. u. — die Gränze gleichsam des 0 — die Grenze gleichsam das 0.
— 61 Z. 3 v. ob. — er — Ampère.
— 114 Z. 10 v. u. — aber — oder.
— 153 Z. 9. v. u. — Indicium — Judicium.
— 193 Z. 4 v. u. in der Anm. — der Magnet — der Magnetismus.
— 203 Z. 2 v. u. — derselben — desselben.
— 209. Z. 13 v. ob. — zum Unterschiede von + E und — E mit + E und — E bezeichnet — zum Unterschiede von + E und — E mit + ε und — ε bezeichnet.
— 220 Z. 18 v. ob. — diese Gestalt des Leiters — diese Gestalt durch die des Leiters.
— 222 Z. 8 v. o. — sich — sie.
— 223 Z. 2 v. u. — an der westlichen Seite — an der westlichen oder östlichen Seite.

I.

Frühere Ansichten und Erfahrungen über das Verhältniß der Elektricität zum Magnetismus, insbesondere in Beziehung auf die Zurückführung derselben auf ein gemeinschaftliches Princip.

1. Elektricität und Magnetismus zeigten bey dem ersten Auffassen der schwachen Spuren ihrer Thätigkeit den Naturforschern erst nur ihre Aehnlichkeit und keine specifische Verschiedenheit. Elektrische Anziehung wurde auf dieser ersten Stufe der wissenschaftlichen Forschung mit magnetischer für identisch angesehen, und alle elektrischen Körper magnetische genannt. So wie indessen die experimentale Untersuchung fortschritt, boten sich allmählig Verschiedenheiten dar. Gray's wichtige Entdeckung des Unterschieds zwischen Leitern und Nichtleitern schien keine Anwendung auf dem Gebiete des Magnetismus zuzulassen, und indem in den fortgesetzten Forschungen die Elektricität ihr Gebiet immer mehr erweiterte und an so mannichfaltigen Körpern sich entwikkeln ließ, schien sie sich durch diese Verallgemeinerung am bestimmtesten loszutrennen von dem Magnetismus, als einem mehr particulären Phänomene. Indessen knüpfte sich durch Du Fays wichtige Entdeckung der entgegengesetzten Elektrici-

täten wieder ein neues, innigeres Band, und Aepinus, der auf beyde, die elektrischen sowohl, als die magnetischen, Erscheinungen seine mit großem Scharfsinn ausgeführte mathematische Theorie gleich anwendbar fand, trat daher auch als der wichtigste Vertheidiger der Analogie der Elektricität und des Magnetismus auf*). Der sogenannte thierische Magnetismus, dessen Geburt bald darauf folgte, gab dieser ganzen Betrachtung und Vergleichung ein neues Interesse, und veranlaßte die Akademie zu München, die Frage: Ob es eine wahre und physische Analogie zwischen dem Magnetismus und der Elektricität gebe, zum Gegenstande einer Preisbeantwortung zu machen. Dadurch wurde noch mehr die Aufmerksamkeit mehrerer vorzüglichen Physiker auf diesen Punct hingelenkt, und besonders eine treffliche Arbeit des berühmten van Swinden ans Licht befördert, durch welche die Sache auf lange Zeit entschieden zu seyn schien. Das Resultat seiner sehr gelehrten, gründlichen, umsichtigen, durch viele neue Versuche unterstützten Vergleichung beyder Kräfte fiel dahin aus: daß beyde Arten von Kräften gänzlich verschieden seyen, daß sie von verschiedenen Ursachen abhängen, daß sie nach verschiedenen Gesetzen wirken, und daß ihr wechselseitiger Einfluß auf einander wenigstens noch problematisch sey**). Auch der berühmte Franklin, dessen Stimme hierin von großer Autorität war, trat van Swinden gänzlich bey.

---

*) In seinem Tentamen Theoriae Electricitatis et Magnetismi. Petrop. 1759. 4. und in seinem Sermo academicus de Similitudine Electricitatis et Magnetismi. Petrop. 1760.

**) P. 504 seines Mémoire etc. in dem 1. Bande des aus 3 Bänden bestehenden Recueil de Mémoires sur l'Analogie de l'Electricité et du Magnetisme. à la Haye. 1784.

2. Aber schon sechs Jahre nach der Bekanntmachung jener interessanten Sammlung van Swindens machte die Wissenschaft einen Schritt, der sie auf die Höhe ihrer Entwicklung schnell erhob und zu dem merkwürdigen Ergebnisse führte, was wir auch in andern Gebieten wieder finden, den gleichsam bewußtlosen Ausspruch ihrer Kindheit als gerechtes Urtheil und gesicherte Behauptung ihres männlichen Alters wiederkehren zu sehen. Galvanis glückliche Entdeckung ward der Keim neuer Wahrheiten, und der geheime elektrische Vorgang, der dadurch ans Licht gebracht wurde, zeigte sich bald als die fruchtbarste Quelle von unerwarteten Aufschlüssen über den chemischen Proceß und sein Wechselverhältniß mit den Imponderabilien. Insbesondere aber schien diese Entdeckung in ihrer glänzenden Entwicklung zum Voltaismus einen wahren Uebergangspunct von der Elektricität zum Magnetismus geliefert zu haben. Ritter faßte besonders diese Seite auf. In der einfachsten Galvanischen Combination zweyer Metalle sollte ihm zufolge die Elektricität bereits die Wirkungsform des Magnetismus angenommen haben, und eine mit einem Agathhütchen versehene Zink-Silbernadel sich nach Art einer Magnetnadel verhalten. Indessen bestätigte sich dieß nicht bey der sorgfältigsten Wiederholung dieses Versuchs durch andere Physiker, namentlich durch Erman. Außerdem glaubte Ritter in der Wirksamkeit der Voltaischen Säule ähnliche tägliche Fluctuationen beobachtet zu haben, wie in den Bewegungen der Magnetnadel; er glaubte eine auffallende Uebereinstimmung in dem chemischen Verhalten der Pole eines Magnets und derjenigen einer Voltaischen Säule gegen das Wasser gefunden zu haben*), und machte endlich noch auf

*) Vom Chemischen des Magnetismus; in seinen Beyträgen zum Galvanismus. II. Bd. 1s. St. S. 55.

die Beziehungen zwischen Elektricität und Magnetismus, welche sich in den großen meteorischen Phänomenen des Nordlichts, der Feuerkugeln, Meteorsteine und Gewitter darstellen, aufmerksam *). Was durch alle diese Bemühungen und die so rasch in den zwey ersten Decennien unsers Jahrhunderts fortgeschrittenen Entdeckungen auf dem Gebiete des Galvanismus für weitere Aufklärung und Begründung der Analogieen zwischen Elektricität und Magnetismus gewonnen worden war, und auf welchem Standpuncte sich in dieser Hinsicht die Wissenschaft vor der wichtigen Epoche des Elektro-Magnetismus befand, läßt sich am beßten aus der academischen Rede von Yelins über Magnetismus und Elektricität als identische und Urkräfte (München, 1818.) beurtheilen. Wenn wir von den vagen und dunkeln naturphilosophischen Bestimmungen abstrahiren, von welchen diese Rede ausgeht, und welche so wenig über das Wesen der Elektricität, als des Magnetismus irgend ein Licht verbreiten, so findet man kaum einen neuen Zusatz zu dem, was schon vorher als wirkliche Analogie richtig erkannt worden war, und manche neu behauptete Aehnlichkeiten nicht hinlänglich begründet. Am deutlichsten verräth der Verf. dieses durch die Stelle auf S. 69 seiner Rede, wo er ihre I d e n t i t ä t als U r k r ä f t e ausspricht „und das um so mehr, wenn wir zwischen Beyden zuletzt noch, und so weit unser Wissen ausreicht, auch in dem räthselhaften Felde der Meteorologie s o g a r A e h n l i c h k e i t, ja sogar Spuren von W e c h s e l w i r k u n g und Uebergang entdecken.“

3. Daß die Aehnlichkeiten zwischen dem Magnetismus und der Elektricität gerade in der Voltaischen Säule und ihrem polaren Verhalten, also in der mit Spannung

*) Vg. Zwey Abhandlungen in Gilb. Ann. Bd. XV. S. 206 und Bd. XVI. S. 221.

begabten Elektricität aufgesucht wurden, entfernte in gewisser Hinsicht von dem Ziele, und eine wahrhaft gründliche Vergleichung mußte vielmehr jeden Gedanken einer wahren Identität beyder Kräfte verscheuchen. So ist namentlich das Verhalten einer isolirten Voltaischen Säule, die ich zwar selbst ehmals einen elektrischen Magnet genannt hatte, in den wesentlichsten Stücken abweichend von dem eines gewöhnlichen Magnets, ohngeachtet Yelin (S. 65 u. 66 s. oben angeführten Rede) durchgehends in Beyden dasselbe Gesetz von Kraftvertheilung und Kraftäußerung findet. Denn wenn auch Beyde darin mit einander übereinstimmen, daß sie in der Mitte einen Indifferenzpunct haben, von welchem aus die freyen Kräfte nach den Polen zu wachsen, so folgt dieses Wachsthum doch in Beyden ganz verschiedenen Gesetzen: in der Voltaischen Säule gänzlich nach einer arithmetischen Progression sich verhaltend, so daß an dem äussersten Plattenpaare das Maximum der elektrischen Spannung ist; in dem Magnete dagegen die magnetische Spannung, eine ganz andere Progression befolgend, von der Mitte an nach beyden Enden hin langsam zunehmend, dann schnell gesteigert, und ihr Maximum dießseits des äußersten Endes erreichend. Von der Voltaischen Säule kann man ein einzelnes Plattenpaar vom Ende aus isolirt abheben, das nur eine Art von Elektricität zeigt; dagegen tritt jeder auch noch so kleine abgetrennte Theil eines Magnets mit beyden Polen zugleich auf. Endlich wird zwar, wenn der eine Pol eines Magnets durch angenähertes, oder noch besser durch mit ihm in Berührung gebrachtes, Eisen beschäftigt wird, der entgegengesetzte in seiner freyen Wirksamkeit etwas gesteigert, aber wie entfernt ist doch immer die Aehnlichkeit dieses Verhaltens mit der Wechselwirkung der Pole einer Voltaischen Säule auf einander, wenn der eine ableitend berührt wird (was man der Einwirkung des Eisens auf den einen Pol eines Magnets parallelisiren kann), wo der an=

dere gesetzmäßig auf das Doppelte der Spannung steigt, und jener nach Aufhebung der Berührung auf o herabgesunken bleibt. Diese große Verschiedenheit und so viele andere ähnliche, welche sich alle auf das Verhältniß der Mittheilung und also auf ein Setzen ins Gleichgewicht nach Außen hin zurückführen lassen, was in der Sphäre des Magnetismus gar nicht vorkömmt, sucht nun zwar Yelin dadurch als Gründe gegen die Einerleyheit beyder Kräfte zu beseitigen, daß er dem Eisen und den magnetischen Metallen das Vermögen beylegt, die Action der darin wirkenden Kräfte zur Bipolarität zu bestimmen; aber gerade diese Individualität der beyden Aeußerungen, der magnetischen und elektrischen, als der Grund ihrer Verschiedenheit, mußte ins Licht gesetzt, als eine bloße Verschiedenheit der Richtung oder Form der Bewegung in einem Schema anschaulich gemacht werden. Aber Yelin begnügt sich, bloß das Wort aufzustellen, um, wie er sagt, das unbestreitbare Naturfactum der Verschiedenheit fest zu bezeichnen, und wenn an einem Orte der Rede sich eine Andeutung findet, wie etwa diese eigenthümliche Individualisirung für jede dieser Kräfte gedacht werden müsse, indem die Elektricität Magnetismus, individualisirt im Lichte, genannt wird: so wird trotz dieser Beyhülfe des Lichts die Sache nicht im Geringsten aufgehellt, und diese hypothetische Verknüpfung hatte für ächte Physik keinen höheren Werth, als die Qualitates occultae der ältern Scholastiker.

4. Alles, was von wahren physischen Analogieen zwischen Magnetismus und Elektricität als ausgemacht und genau bestimmt im Jahre 1818 angenommen werden konnte, reducirte sich also in der That nur auf das, was im Grunde schon Aepinus 60 Jahre zuvor in seinem Sermo academicus nachgewiesen hatte, das Gesetz der Vertheilung der Kräfte in den Körpern unter gegebenen Umständen nach festen Axen, und das Gesetz der Anziehung der ungleichnami-

gen und der Abstoßung der gleichnamigen Kräfte, und der davon abhängigen respectiven wechselseitigen Bindung und Steigerung (Abnahme und Zunahme der Spannung), so wie eben jener Vertheilung; dagegen bestanden noch alle die wesentlichen Verschiedenheiten, welche van Swinden so gründlich in seiner Denkschrift nachgewiesen hatte. Ja ein Verhältniß, das wichtiger, als alle übrigen, für Behauptung einer wahren Identität seyn mußte, indem es unmittelbarer eine wechselseitige gesetzmäßige Abhängigkeit der beyderseitigen Kräfte von einander anzeigte, die Erregung nehmlich bestimmter magnetischer Pole durch bestimmte elektrische Einflüsse, und also gleichsam die Umwandlung der einen in die andere, das durch die früheren Versuche vorzüglich von Wilke und D'Alibard bewiesen zu seyn schien, nach welchen freylich im Widerspruche mit einander Jenem zufolge bey Entladung von Leidner Flaschen durch Stahlstäbe die positive Elektricität den Südpol, die negative hingegen den Nordpol, Letzterem zufolge hingegen gerade in umgekehrter Ordnung erregen sollte, ward durch Beccarias und noch bestimmter durch van Marums Versuche als grundlos dargestellt, indem dadurch bewiesen ward, daß die Lage der Pole lediglich durch das Verhältniß der Lage der Stäbe in Beziehung auf die magnetische Erdaxe bestimmt werde, und die Elektricität hiebey keine andere Rolle zu spielen scheine, wie jede andere durch Erschütterung der Theile des Eisens wirkende mechanische Kraft, wie denn auch Yelin, der von allen Seiten die Aehnlichkeiten beyder Kräfte herbeyzog, auf diese Erregung des Magnetismus durch elektrische Erschütterungen kein Gewicht legte, indem er S. 71 bemerkt, daß die von dem Durchgange des elektrischen Funkens bewirkte Pressung und Erschütterung der kleinsten Theilchen des Eisens hierbey als mechanische Ursache wirken könne. Bey diesem Stande der Sachen mußte es also um so mehr überraschen, daß die seit 20 Jahren von so vielen und

so geschickten Händen behandelte und zur Aufklärung der wichtigsten Fragen der Physik der Imponderabilien so vielfach versuchte und erprobte Voltaische Säule nun erst nach einem so langen Zeitraume mit neuem Glanze die Lehre vom Magnetismus bestrahlen, daß in ihrem wundervollen elektrischen Strome so spät erst der Uebergangspunct von der Elektricität zum Magnetismus sich finden sollte. Mit Recht hat man diese Entdeckung eine der glänzendsten unserer Zeit genannt, und die Einstimmigkeit so vieler Physiker in dieser Hinsicht ist zugleich das unzweydeutigste Geständniß, wie lose doch eigentlich bis dahin das Band zwischen Elektricität und Magnetismus geknüpft war. Professor Johann Christian Oersted in Kopenhagen, schon früher durch so mannichfaltige Verdienste um die Naturwissenschaften ausgezeichnet, war es, dem dieser glückliche Fund vorbehalten war. Er theilte die wichtige Entdeckung, auf die er in seinen Vorlesungen über Galvanismus im Winter von 1819 — 20 geführt worden war, in einem eigenen Programme der gelehrten Welt mit*). In einem spätern Aufsatze**) erklärte sich Oersted näher über den Weg, welcher ihn zu dieser wichtigen Entdeckung geführt. Es war der glückliche Gedanke, einen Einfluß der beyden Elektricitäten in dem Augenblicke ihrer Bindung und wechselseitigen Ausgleichung auf die Magnetnadel anzunehmen, der ihn nach dieser historischen Darstellung darauf geleitet zu haben scheint. Herr Oersted beruft sich in dieser Hinsicht auf eine Stelle in seiner Schrift „Ansicht der chemischen Naturgesetze. Berlin. 1812“, wo er die Vermuthung äußerte, daß

*) Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam. Hafniae. 21. Jul. 1820.

**) Zur Geschichte meiner früheren Arbeiten über diesen Gegenstand. Schw. n. J. d. Ch. II. 199.

„die elektrischen Kräfte in einem von den Zuständen, wo sie sehr gebunden vorkommen, einige Wirkung auf den Magnet als Magnet hervorbringen könnten“, und auf seine in jener Schrift aufgestellten theoretischen Ansichten im Allgemeinen, nach welchen die verschiedenen großen Wirksamkeiten, welche die gemeine Physik eben so vielen specifisch verschiedenen Kräften und sogar Materien (Imponderabilien) zuschrieb, als bloße verschiedene Thätigkeitsformen derselben, die ganze Natur beherrschenden und gleichsam constituirenden Grundkräfte erschienen. Daß jedoch die Erscheinungen, durch welche dieses frühere Gedankenspiel Oersteds erst seinen wahren Ernst bekam, so ausfallen würden, wie sie durch seine Versuche nun in ihrer Realität dargestellt wurden, das mochte selbst der Schöpfer jener Theorie wohl kaum ahnden, sonst würde er wohl schwerlich einen Zeitraum von acht Jahren haben vorbeygehen lassen, wenn es bloß darauf angekommen wäre, eine Idee nur äußerlich nachzuweisen und anschaulich zu machen. Und wenn wir auch gleich entfernt davon sind, die erste Magnetnadel, die bemerkt und beachtet zuckte, als Herr Oersted eine mächtige Voltaische Säule durch einen über die Magnetnadel hingeführten feinen Platinadrath, der dadurch zum Erglühen gebracht wurde, entlud, mit jenem Galvanischen Froschpräparate, das beym Funkenausziehen aus einem elektrisirten Leiter in Zuckung gerieth, zu parallelisiren: so scheint ihm doch nach seinem eigenen Geständnisse die Art des Erfolgs unerwartet gewesen zu seyn. Wenn er nehmlich selbst sagt, daß die Wirkung zwar unverkennbar, aber so verworren erschienen sey, daß er die weitere Untersuchung auf eine Zeit verschob, wo er mehr Muße zu haben hoffte, so ist dieß ein bloß indirectes Geständniß, daß jene an sich gewiß nicht verworrenen, sondern unstreitig auch in ihrem damaligen ersten Auftreten eben so, wie in allen spätern Versuchen, so gesetzmäßig auftretenden Bewegungen nur

mit Hrn. Oersteds theoretischen Ansichten nicht recht zusammenstimmten, wie denn auch von der Erklärung, die Hr. Oersted zu Hülfe nehmen mußte, von jenen Spiralen u. s. w. keine, auch nicht die leiseste Andeutung sich in seinen chemischen Naturgesetzen findet. Wenn wir also gleichsam der Idee die Priorität der Entdeckung streitig machen, so kann doch in Hinsicht auf die Person und auf den wesentlichen Antheil einer solchen Persönlichkeit kein Zweifel obwalten. Für eine historische Darstellung, wie die unsrige ihrem Hauptcharakter nach seyn soll, ist diese Bemerkung wesentlich, weil die Herausgeber der Bibliothèque britannique diese Priorität, wenn auch nicht der Entdeckung in ihrer ganzen Vollständigkeit, doch die des Einflusses des Voltaismus auf die Abweichung der Magnetnadel für einen andern Physiker, nehmlich einen Mojon, Professor der Chemie zu Genua, in Anspruch genommen haben. Zum Beweise führen sie eine Stelle aus Aldinis Traité sur le Galvanisme, der schon 1804 in Paris erschienen war, an, wo es heißt: „H. Mojon hatte sehr feine, zwey Zoll lange Nähnadeln in horizontale Richtung gestellt, und ihre beyden Enden mit einem Tassen-Apparat von 100 Gläsern in Berührung gebracht. Nach Verlauf von 20 Tagen fanden sich die Nadeln nach aufgehobener Verbindung etwas oxydirt, zugleich aber deutlich magnetisch mit sehr merklicher Polarität. Diese neue Eigenschaft des Galvanismus wurde auch durch andere Physiker constatirt, und kürzlich erst durch den Physiker Romanesi zu Tarent, der erkannte, daß der Galvanismus die Magnetnadel zur Abweichung bringe“. Nicht also Mojon, sondern vielmehr Romanesi hätte dieses merkwürdige Verhältniß zuerst angedeutet. Aber in dieser unbestimmten kurzen Andeutung, und nicht weiter verfolgt, erscheint es von keinem höheren Werth, als die erste Andeutung des Galvanismus durch Sulzer in seinem Geschmacks-Versuche.

Bey dieser Gelegenheit bringe ich noch eine im VI. St. der Isis von 1817 (87stes St.) angeführte Beobachtung eines gewissen Sarrasin in Paris in Erinnerung, der bey heftigen Zahnschmerzen einen der Pole eines hufeisenförmigen Magnets auf den Zahn, den andern auf die Zunge brachte, und im Augenblicke der gleichsam geschlossenen Kette den herben Geschmack und die leichte Erschütterung, welche die gewöhnliche Galvanische Wirkung charakterisiren, empfand. Er baute nun eine Säule aus fünf Platten von geschmeidigem Eisen, mit dem Magnet bestrichen und durch feuchte Pappen getrennt. Diese Säule verhielt sich positiv am Südpol, negativ am Nordpol und gab Erschütterungen beym Schließen. Schwerlich möchte indessen von hier aus der Uebergang aus einem Gebiete in das andere sich gefunden haben.

5. Daß Oersted's Entdeckung so großes Aufsehen machte, so viele Physiker gleichsam in Begeisterung versetzte*), und einen so allgemeinen Wetteifer in ihrer Verfolgung und für ihre Erweiterung veranlaßte, davon liegt der Grund vorzüglich in der Wichtigkeit des Objects, auf welches sich die Entdeckung bezieht, und in dem wahrhaft Unerwarteten derselben. Alles, was den Magnetismus betrifft, hängt gleichsam mit den tiefern Wurzeln des Naturlebens zusammen. Wir haben uns allmählig gewöhnt, in der magnetischen Thätigkeit den reinsten Ausdruck der

---

*) Schweigger nahm davon Veranlassung, eine neue Reihe seines Journals unter dem Titel: „Jahrbuch der Physik und Chemie" zu beginnen; Erman beginnt seine interessante kleine Schrift mit den Worten: „Von der überschwenglichen Wichtigkeit der Oerstedischen Entdeckung kein Wort. Diese Sache oder keine in der Welt spricht von selbst u. s. w." Gelehrte Academien wetteiferten, Hrn. Oersted durch Preismedaillen ihren Dank und ihre Anerkennung seiner Verdienste zu bezeugen.

Grundkräfte anzunehmen. Auch dem Laien, dem diese Ansicht allerdings fremd ist, erscheint das Mysterion des Magnetismus als eines der höchsten und bedeutendsten, und die magnetische Kraft ist von dem universellsten Interesse. War nicht die durch sie bewegte Nadel das wirksamste Beförderungsmittel der Civilisation, und ist sie es nicht, durch welche jeder Mensch im Raume sich orientirt? Nun aber eben diese so bedeutungsvolle Kraft hatte sich so lange widerspenstig aller wahren Verknüpfung, aller wahrhaft den Verstand befriedigenden Ableitung aus andern Naturkräften entzogen, hatte sich gleichsam in den wenigen Körpern, welche durch sie sich thätig bewiesen, isolirt und abgeschlossen, und gleichsam nur durch eine erborgte Maske der Zwillingsähnlichkeit mit der Elektricität geäfft. Da strahlte aus dem glühenden Platinadrath unerwartet das neue Licht in das bisher so geheimnißvolle Dunkel, und der Magnetismus schien gleichsam in seinem Werden überrascht worden zu seyn. Sind auch gleich die ersten mit Recht so hoch gesteigerten Hoffnungen bis jetzt nicht vollkommen realisirt worden, sind vielmehr im Fortgange der Untersuchung neue Räthsel zum Vorschein gekommen, und hat sich auch hier die alte Erfahrung bestätigt, daß jede gewonnene Antwort immer wieder neue Fragen mit sich führt: so bietet doch die nur erst ein Paar Jahre umfassende Geschichte des Fortganges dieser schönen Entdeckung das erfreuliche Schauspiel eines seltenen Wetteifers der Physiker aller civilisirten Völker dar, die neue Bahn so weit wie möglich zu verfolgen, und die folgenden Bogen, in welchen ich so viel möglich zugleich geschichtlich die Bereicherungen, welche diese Lehre jedem Einzelnen verdankt, bemerklich machen werde, werden die genügenden Belege enthalten, wie schnell jener erste Keim, wofür die Oerstedische Entdeckung gelten kann, sich entfaltete zu reicher Blüthe und Frucht. Die größten Verdienste in dieser Hinsicht haben sich vor Allen erworben: Ampère, Faraday,

Seebeck, Erman, Schmidt in Gießen, Schweigger, Prechtl, außer diesen haben wir aber noch vielen andern würdigen Männern mehr oder weniger wichtige Beyträge zu verdanken, unter denen ich von Deutschen nenne: Muncke, Althaus, Böckmann, Raschig, Poggendorf, Buch, Pohl, W. Pfaff, C. H. Pfaff, Schrader, Bechstein u. A.; von Franzosen: Arrago, Biot, La Rive, Le Hot; von Holländern: van Beeck, van Rees, Moll u. A.; von Italienern: Gazzeri, Ridolphi, Antinori, der Graf von Bandi, Configliachi; von Engländern: H. Davy, Clarke u. A.; dann Berzelius in Stockholm. Besonderer Dank gebührt aber dem hochverdienten Gilbert, Einem der Ersten in Deuschland, der nicht bloß alle Oerstedischen Versuche wiederholt, und durch seine lichtvolle Darstellung zugänglicher gemacht hatte, als es durch die erste zu concise, dunkle und zu mancherley Mißverständnissen in den Uebersetzungen verleitende Darstellung des Entdeckers geschehen war, sondern vorzüglich auch durch die schleunige Mittheilung der mancherley Arbeiten, welche auf allen Puncten unternommen wurden, in einer Form, in welcher sie durch Anordnung und Anmerkungen fast immer noch lehrreicher, als die Originalaufsätze wurden, zur Verbreitung des Wissenswürdigsten so kräftig mitgewirkt hat. Seine Annalen, vom 3ten Bande des Jahrgangs 1820 an, so wie die Bibliothèque universelle, vom 14ten Bande an, sind daher auch die vorzüglichsten Quellen, aus welchen die nachfolgende Darstellung geschöpft ist. Außerdem sind noch folgende besonders erschienene Schriften von mir benutzt worden:

Umrisse zu den physischen Verhältnissen des von Herrn Prof. Oersted entdeckten elektro-chemischen Magnetismus, skizzirt von P. Erman. Berlin, 1821.

Versuch über den Elektro-Magnetismus, nebst einer kurzen Prüfung der Theorie des Herrn Ampère; vom Freyherrn

von Althaus, nebst einer Vorrede vom Hofrath Muncke. Heidelberg, 1821.

Darstellung der neuen Entdeckungen über die Electricität und den Magnetismus von Oersted, Arrago, Ampère, H. Davy, Biot, Erman, Schweigger, de la Rive u. a. durch Ampère und Babinet. Aus dem Französischen. Leipzig, 1822.

Dissertatio inauguralis medico-physica de Electro-Magnetismo. Auct. Car. Schrader. Halae, 1821.

Observationes de Electro-Magnetismo. Auct. Car. Guil. Gottl. Kastner. Erl. 1821.

II.

Der sogenannte elektrische Strom der Galvanischen Kette und Voltaischen Säule. Ansicht desselben nach der Theorie *einer* elektrischen Materie und aus dem dualistischen Standpuncte. Dynamische Ansicht.

---

6. Der *Elektro-Magnetismus*, treffend so genannt*), als der aus der Elektricität hervorgegangene,

---

*) Die Bezeichnung *chemischer Magnetismus* ist mit Recht ohne Nachahmung geblieben. Voltaischer Magnetismus würde eine um so weniger passende Benennung, da die einfache Galvanische Kette sogar mehr geeignet ist, diese Erscheinungen hervorzurufen, als die allerdings mit Recht nach Volta genannte Säule. Da auch die gewöhnliche Elektricität in ihrem Strome magnetische Thätigkeit zeigt, so ist auch der Name Galvano-Magnetismus unpassend.

an die Elektricität und ihre Wirksamkeit wesentlich gebundene Magnetismus ist, wie schon bemerkt, von Oersted an dem Leitungsdrathe oder Verbindungsdrathe (Schließungsdrathe) der Pole einer Voltaischen Säule entdeckt worden. Wir müssen also von dem, was mit dieser Leitung oder Schließung gegeben ist, ausgehen, um alle Verhältnisse des Phänomens genau bestimmen zu können. Nach dem verschiedenen Standpuncte der Physiker fällt die Ansicht des Vorgangs in einem solchen Leitungs- oder Schließungsdrathe allerdings sehr verschieden aus. Der Dynamiker hat es überall nur mit Kräften und Thätigkeiten, ihrem Wechselkampfe, ihrer Entzweyung, ihrem Auseinandergehen und ihrer Ausgleichung zu thun, und reducirt alles Empfindbare und Wahrnehmbare darauf, als das reinste Schema, das der Verstand dafür aufstellen kann. — Der Atomistiker belebt dagegen den Raum überall mit Materien, und verfolgt allenthalben die Spuren ihrer Bewegung. — Hier sind sie für ihn angehäuft, und in relativer Ruhe, doch mit Streben nach Bewegung begabt, in Spannung; dort in wirklicher Bewegung begriffen, strömend, bald nach Verbindung strebend durch wechselseitige Anziehung, oder sich fliehend durch zurückstoßende Kräfte und im Raume sich verbreitend, endlich in innige Verbindung übergegangen, und dadurch als zusammengesetzte mit neuen Eigenschaften auftretend und in neue Verhältnisse übergegangen. Für die Darstellung der Phänomene selbst ist der Streit zwischen diesen beyden Ansichten gleichgültig. So lange wir uns auf dem Gebiete der bloßen Wahrnehmung befinden, kann es uns nur darum zu thun seyn, eine Sprache zu wählen, die durch ihre Ausdrücke sich am nächsten an die Phänomene, wie sie unter die unmittelbare Beobachtung fallen, anschließt, und wo sie etwa mehr verborgen sind, durch die Analogie mit andern Phänomenen, die gegen unsere Sinne eine unmittelbarere Relation haben, bestimmt wird. Die so ge-

wählte Bildersprache kann dann leicht in jede andere übersetzt werden, und, als bloßes Gleichniß betrachtet, wird sie jeden Umtausch, den die über die bloße Erfahrung hinausgehende Theorie fordert, zulassen.

Wir stellen uns also vorläufig den Vorgang in einer geschlossenen einfachen Galvanischen Kette oder Voltaischen Säule in ihren mannichfaltigen Formen unter der Form eines elektrischen Stromes, der wirklichen Bewegung einer feinen, unwägbaren, dem Anscheine nach mit den ponderabeln Körpern, an welchen sie fortgeleitet wird, in demselben Raume coëxistirenden Materie vor. Da sich die Bestimmung aller davon abhängigen magnetischen Phänomene wesentlich auf die Richtung, Gestalt und Stärke dieses elektrischen Stromes bezieht, und daran ihren festen Anhaltspunkt erhalten muß, so muß vorerst dieses Verhältniß genauer bestimmt werden. Aber auch auf diesem untergeordneten Gebiete tritt uns ein neuer Zwiespalt der Physiker entgegen, der auf die von uns gewählte Sprache von wesentlichem Einflusse ist. Diejenigen Physiker, welche nur eine elektrische Materie annehmen, die sogenannte positive Elektricität für einen relativen Ueberfluß, die negative für einen relativen Mangel, das o E für denjenigen Antheil von Elektricität, der den Körpern in ihrem gewöhnlichen natürlichen Zustande zukömmt, erklären, werden in allen den Fällen nur einen Strom annehmen, wo die Dualisten, welche beyden Arten von Elektricität gleiche Realität, gleiche repulsive Kräfte, und in Beziehung auf einander wechselseitige anziehende Kräfte zuschreiben, zwey einander entgegenkommende, und diese entgegengesetzte Richtung in allen Fällen behauptende Ströme voraussetzen müssen. Die Einfachheit der Darstellung und die Erleichterung der Uebersicht der oft so verwickelten Phänomene (und hierauf kömmt es hier zunächst an) scheint uns indessen sehr zu gewinnen, wenn wir stets nur einen Strom ins Auge fassen, und in dieser

Hinsicht der Franklinischen Theorie huldigen, daß wir diesen Strom κατ ἐξοχήν als von der positiven Seite ausgehend voraussetzen, eine Vorstellungsart, welche auch Ampère, Gilbert u. A. in ihren Darstellungen gewählt haben. Man kann in jedem einzelnen Falle den zweyten oder negativen Strom sich leicht hinzudenken, wenn man jenen positiven in allen Bestimmungen und Verhältnissen der Bewegung, ihrer Richtung, der Anziehung und Abstoßung in dem entgegengesetzten Sinne nimmt.

7. Für die Bestimmung dieses einen (positiven) elektrischen Stromes macht es nun allerdings einen wesentlichen Unterschied, ob von dem einzelnen Galvanischen Elemente oder von der Voltaischen Säule die Rede ist, und daß man im Beginn dieser Untersuchungen diesen Unterschied nicht gehörig vor Augen hatte, veranlaßte eine Sprachverwirrung, die für die Orientirung in den magnetischen Phänomenen selbst nicht ohne Folgen war (vgl. Gilb. Annalen, 1820. III. Band, S. 348. 349). Bey der Bestimmung des Einflusses des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel war man nehmlich von dem Schließungsdrathe einer Voltaischen Säule ausgegangen, und namentlich hatte Oersted in seiner Bekanntmachung Alles auf die beyden Enden dieses Schließungsdrathes, wovon er dasjenige, welches mit dem positiven Pole zusammenhing, das positive, das an den negativen Pol angränzende das negative nannte, zurückgeführt. In diesem Falle ging also die Richtung des Stromes, dessen magnetische Wirksamkeit zunächst in Betracht kömmt, von dem sogenannten positiven oder Zinkende, oder von demjenigen, an welchem das Sauerstoffgas auftritt, zu dem negativen, Kupfer- oder Wasserstoffpole, und ist in Fig. 1. durch die Richtung des Pfeiles bezeichnet, der in allen hier zum Grunde liegenden Figuren mit seiner Spitze nach der Gegend hinweist, wohin der (positive) elektrische Strom fließt. Wird dagegen die Verbindung der Elektro-

motoren eines einzelnen Galvanischen Elements auf ähnliche Weise durch einen Leitungs- oder Verbindungsdrath, dessen magnetische Wirksamkeit bestimmt werden soll, zu Stande gebracht, so würde die Bezeichnung desjenigen Endes des Leitungsdrathes, das mit dem positiven oder Sauerstoffgas gebenden Metalle, dem Zinke, zunächst zusammenhängt, durch den Namen des positiven Endes und des entgegengesetzten durch denjenigen des negativen ganz unrichtig seyn, wenn man dieß in dem Sinne der ersten Bezeichnung nehmen wollte. In diesem letztern Falle ist nehmlich das positive Ende das abgebende, das negative das empfangende, umgekehrt verhält sich die Sache bey einfacher Kette, in deren Schließungsdrathe der elektrische Strom in Beziehung auf die beyden gleichnamig bezeichneten Enden gerade in entgegengesetzter Richtung geht, wie die Richtung des Pfeiles in Fig. 2., wodurch der zweyte Fall dargestellt ist, andeutet. In dieser Hinsicht muß man aus der Lehre vom Galvanismus stets nur die Hauptsätze vor Augen haben:

a) daß in der einfachen Galvanischen Kette, wenn sie aus zwey trockenen (metallischen) und einem feuchten Erreger besteht, der positive elektrische Strom (von dem hier zunächst allein die Rede ist, und den wir also in Zukunft schlechtweg den elektrischen Strom nennen werden) stets von dem negativen nach dem positiven Metalle hingerichtet ist, und

b) daß in dieser Richtung und der Kraft, wodurch dieser Strom bestimmt wird, sich Nichts verändert, von welcher Beschaffenheit auch das beyde Metalle verbindende Glied, sofern es nur aus lauter trockenen Leitern besteht, seyn möge, wenn nur die beyden Endmetalle und der feuchte Leiter, mit welchem sie zusammengränzen, unverändert bleiben. Da aus der Spannungsreihe der trockenen Erreger ihr wechselseitiges elektrisches Verhalten bekannt ist, so ergibt sich eben damit

auch ohne Weiteres die Richtung dieses Stromes für die weit überwiegende Anzahl der feuchten Leiter. Die Richtung des Stromes in Ketten aus zwey feuchten und einem trockenen Erreger läßt sich durch Vergleichung der Wirkung ihres Verbindungsdrathes auf die Magnetnadel mit derjenigen einer gewöhnlichen Galvanischen Kette leicht bestimmen (s. u.). Bey zusammengesetzten Ketten oder Säulen ist durch die richtige Bestimmung der Pole auch die Richtung des Stromes in Beziehung auf den sie verbindenden Leiter angegeben, da er in allen Fällen in ihnen von dem positiven Pole ausgeht.

8. Durch die mannichfaltigen Abänderungen in der Richtung (in Beziehung auf die Weltgegenden), Gestalt, Größe und eigenthümlichen Beschaffenheit des Verbinders (Schließers) werden nun die Erscheinungen, die wir zu betrachten haben, auf das Mannichfaltigste modificirt, sofern Richtung, Gestalt, Geschwindigkeit, Intensität des elektrischen Stromes oder der elektrischen Entladung wesentlich mit von diesen Modificationen abhängen, und es wird also vorzüglich mit darauf ankommen, diese mannichfaltigen Modificationen unter gewisse Hauptgattungen zu bringen, und das Gesetz ihrer Wirkungsart im Allgemeinen aufzustellen, um alle besondern Arten daraus ableiten zu können. Wenn wir nun auch an dem starren und im Raume festbezeichneten Träger und Leiter des elektrischen Stromes den sichern und untrüglichen Wegweiser für denselben haben, so dürfen wir nicht unterlassen, schon jetzt darauf hinzudeuten, daß wir eben wegen der Coexistenz dieser Leiter die Kenntniß der reinen Thätigkeit und der Verhältnisse des elektrischen Stromes an sich und namentlich, ob ihm selbst der Magnetismus wesentlich zukomme, entbehren, da jene Leiter stets in den Versuch ihre eigenen Kräfte mit hineinbringen, für die der elektrische Strom gleichsam nur der Erreger seyn könnte. Wie weit ein solcher

Zweifel gegründet sey, darüber wird die folgende Darstellung die näheren Entscheidungsgründe an die Hand geben. Um indessen das magnetische Verhältniß dieses Stromes und der Leiter, durch welche er hindurch geht, und die Fülle neuer interessanter Beziehungen, welche sich uns durch Oersted's Entdeckung in so kurzer Zeit ergeben hat, gehörig einsehen zu können, müssen wir die bis dahin bekannt gewesenen wichtigsten magnetischen Verhältnisse, und insbesondere die Beziehungen der Magnetnadel gegen den tellurischen Magnetismus mit wenigen Worten in Erinnerung bringen.

III.

Magnetisches Verhältniß im Allgemeinen. Vertheilung der magnetischen Pole an den magnetischen Körpern. Erscheinungen an der Magnetnadel. Declinations- und Inclinations-Verhältnisse. Richtende Kraft der Erde.

9. Das gleichsam rein dynamische Phänomen der magnetischen Anziehungen und Abstoßungen war bis zur Entdeckung des Elektromagnetismus nur an wenigen Körpern wahrgenommen worden. Eisen und eisenhaltige Körper, wenn nicht etwa andere, dem Magnetismus des Eisens feindselige Stoffe, wie Sauerstoff, Schwefel, Arsenik im Uebermaße damit verbunden waren, dann Kobalt, Nickel, Chrom, vielleicht auch Mangan, waren die einzigen Körper, die magnetisch-thätig sich bewiesen und der magnetischen Bewegungen fähig waren. Das Ausgezeichnete an dieser Thätigkeit ist ihre polare Vertheilung in der Raumerfüllung die-

ser magnetischen Körper. Diese Vertheilung stellt sich vorherrschend als eine durch die Längendimension bestimmte und an diese geknüpfte dar, daher die Linie in der naturphilosophischen Sprache für das Schema des Magnetismus galt. Die Hauptcentra dieser Bewegungen erzeugenden Thätigkeit zeigen sich nach den Enden der Längendimension der magnetischen Körper, und werden Pole genannt, wegen ihrer bestimmten Beziehung auf die Pole der Erde, welcher zufolge das eine Ende der Axe eines solchen freybeweglichen magnetischen Körpers sich nach Norden, das andere nach Süden richtet, weßwegen jenes auch der Nordpol des Magnets (von den Franzosen dagegen der Südpol, weil er als der vom Nordpole der Erde angezogene, als der entgegengesetzte desselben, und also der ungleichnamige, auch so bezeichnet werden müsse), dieses der Südpol desselben (von den Franzosen der Nordpol) genannt wird. Alle magnetischen Bewegungen, Anziehungen, Abstoßungen, beziehen sich nun, wie aus der Vergleichung aller Erscheinungen hervorgeht, lediglich auf die Wechselwirkung dieser Pole gegen einander nach dem durch die Erfahrung ausgemittelten Gesetze, daß sich gleichnamige (eben darum feindliche genannt) Pole abstoßen, ungleichnamige (freundschaftliche) dagegen anziehen. In jedem des Magnetismus fähigen Körper, der aber selbst noch keine magnetische Thätigkeit zeigt, sind beyde magnetische Kräfte, gleichsam beyde magnetische Pole, noch in wechselseitiger Bindung, noch nicht auseinander getreten, oder an die Enden einer Axe vertheilt, die Einwirkung eines bereits magnetischen Körpers auf einen solchen noch indifferenten hängt aber jedes Mal von der Anziehung des noch in der Indifferenz ruhenden und gleichsam gebundenen freundschaftlichen, und von der Abstoßung des feindlichen Poles ab, so daß jede magnetische Einwirkung auch unmittelbar magnetische Polarisirung, wo diese noch nicht existirt, zur Folge hat. Jedem freygewordenen

Nordpole muß daher, diesem Gesetze zufolge, stets ein Südpol entsprechen, deren Gränze die magnetische Indifferenz genannt wird, und eine Abwechslung der ungleichnamigen Pole ist die constante Regel der Vertheilung der freyen Magnetismen längs der Axe der magnetischen Körper, wobey jedoch nach Umständen der Fall sich darbietet, daß eine wiederholte Abwechslung der ungleichnamigen Pole in der Längenausdehnung eines und desselben magnetischen Körpers vorkömmt, oder auch ein solcher an beyden Enden zwey gleichnamige (Nord- oder Südpole) und in der Mitte nur einen entgegengesetzten und eben damit zwey Indifferenzpuncte hat, in welchem letztern Falle jedoch der eine mittlere Pol an Stärke seinen beyden ungleichnamigen Polen gleich kömmt.

10. Alle diese Erscheinungen stellen sich nun an der Magnetnadel unter neuen Beziehungen dar, wodurch eben sie ein so unschätzbares Werkzeug in den Händen des Physikers wird, und durch jene neue Entdeckung des Elektro-Magnetismus noch mehr geworden ist. Diese Beziehungen sind nehmlich die des einzelnen magnetischen Körpers gegen den Erdkörper, der sich selbst als einen großen Magnet dabey kund thut. Wir setzen hier eine Magnetnadel voraus, die mit aller Sorgfalt verfertigt ist, so daß nicht bloß ihre magnetische Kraft hinlänglich stark, sondern auch vollkommen regelmäßig in ihr vertheilt sey. Eine solche, dem Ideale so vollkommen wie möglich entsprechende Magnetnadel zeigt ihre der Länge nach gelagerten magnetischen Polaritäten von vollkommen gleicher Stärke, jede einzeln die Hälfte der Länge einnehmend, und genau in der Mitte durch einen Querschnitt mit magnetischer Indifferenz, die, auf die magnetische Axe als eine Linie bezogen, zum Indifferenzpuncte wird, getrennt. Von der Vertheilung jeder einzelnen Polarität längs seiner Hälfte hatte die Erfahrung bis jetzt gelehrt, daß die stärkste Wirkung in Rücksicht auf Anziehung und Abstoßung

nicht an dem äußersten Ende der Nadel, sondern in einer kleinen Entfernung von derselben sich äußere, und daß die magnetische Wirksamkeit von da aus in einer geometrischen Progression schnell nach dem Indifferenzpuncte zu abnehme, so daß, von diesem ausgegangen, beynahe ⅘ der Länge jeder Hälfte nur eine höchst schwache Wirkung zeigt, die dann aber schnell nach jenem Puncte des Maximums der Wirkung zuwächst, daß aber in jeder Hälfte der ganzen Länge nach die Qualität der Wirkung, nehmlich Anziehung und Abstoßung, in Beziehung auf den bestimmten Pol eines Magnets sich durchaus gleichmäßig verhält.

11. An einer solchen Magnetnadel nun ist die Richtung, welche sie durch den Einfluß der Erde annimmt, eines der merkwürdigsten Phänomene. Schwebt die Magnetnadel frey beweglich mit einem Agathhütchen auf einer Spitze ruhend, oder ist sie auf andere Weise in ihrem Schwerpuncte so unterstützt, daß sie um eine lothrechte Axe in der Horizontal-Ebene frey schwingen kann, so bleibt sie bekanntlich nicht in jeder Lage ruhen, sondern behauptet unwandelbar (indem wir von den kleinen, täglichen und in längeren Zeiträumen auffallenderen Variationen der Declination hier abstrahiren) eine bestimmte Richtung, und kömmt aus derselben abgelenkt nach einer größeren oder kleineren Menge von Oscillationen (abhängig von ihrer Länge und der Intensität ihres Magnetismus) stets wieder zu derselben zurück. Diese Richtung ist eben jene merkwürdige des einen Endes derselben, des Nordpols, nach dem Nordpole der Erde, doch mit einiger Abweichung davon, so daß ein lothrechter größter Kreis durch die Axe der Magnetnadel und jene Puncte der Erde, nach welchen die beyden Enden der Magnetnadel gerichtet sind, geführt, der sogenannte magnetische Meridian, der durch den Durchgangspunct der Magnetnadel geführt wird, einen Winkel macht, den man den Abweichungs-

winkel (Declinationswinkel) der Magnetnadel, die Abweichung der Axe der Magnetnadel von der wahren Mittagslinie, die Abweichung oder Declination derselben, und die in der Horizontal-Ebene freyschwingende Magnetnadel eben darum auch die Declinationsnadel nennt. Wir erkennen also hier eine Wechselwirkung der magnetischen Kräfte der Nadel mit einer Kraft der Erde, welche man die richtende Kraft der Erde nennt, und welche gegen jede andere Kraft, welche die Magnetnadel aus ihrer dadurch bestimmten Richtung ablenken will, ankämpft. Diese Richtung ist die resultirende aus allen magnetischen Einwirkungen, welche an jedem Orte die Erde in der horizontalen Ebene auf die Magnetnadel ausübt.

12. Die Oscillationen, unter welchen die aus ihrer Lage gebrachte Magnetnadel nach aufhörender Einwirkung der Kraft, welche sie verrückt hat, wieder in ihre vorige Lage zurückkehrt, soferne sie durch die richtende Kraft der Erde bestimmt werden, lassen sich in jeder Hinsicht mit den Schwingungen eines Pendels, die von der Schwere, oder den Oscillationen einer Saite, die von ihrer Elasticität abhängen, vergleichen; dieselben Grundsätze, nach welchen diese letztern Bewegungen als Maß der Kräfte, durch welche sie hervorgebracht werden, dienen, sind auch auf die Magnetnadel anwendbar, und man ersieht von selbst daraus, daß diese Schwingungen durch ihre Menge in einer gegebenen gleichen Zeit zu einem Maße für die Intensität der magnetischen Kraft, durch welche sie erzeugt werden, dienen können. Das Quadrat der Zahl dieser Oscillationen in der Zeiteinheit ist dieses Maß, und durch Anwendung dieses Maßes hat man auch das gleiche Gesetz für den Magnetismus, wie für die Schwere entdeckt, daß die magnetische Kraft in ihrer Wirkung auf irgend einen Punct außer ihr in dem Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnehme.

13. Nicht bloß eine bestimmte Richtung in Beziehung auf die Pole der Erde (verschieden allerdings für verschiedene Orte), oder eine bestimmte Declination, sondern auch eine bestimmte Neigung gegen den Horizont, welche man die Inclination der Magnetnadel nennt, ist die Folge der Einwirkung der Erde als eines Ganzen auf die Magnetnadel. Wenn man eine Stahlnadel vor dem Magnetisiren vollkommen äquilibirt hat, so daß sie, in ihrem Schwerpuncte unterstützt, auf einem Agathhütchen vollkommen horizontal schwebt, so wird nach dem Magnetisiren diejenige Hälfte derselben, welche die Nordpolarität erhalten, ein auffallendes Uebergewicht zeigen, (wie wenn der Schwerpunct nach dieser Seite verrückt, oder dieselbe gleichsam mit einem Gewichte beschwert worden wäre,) und der Nordpol sich gegen den Horizont neigen. Diese Neigungsbewegung der Magnetnadel erfolgt demnach in der verticalen Ebene des magnetischen Meridians selbst, und um sie in ihrer ganzen Reinheit darzustellen, muß man die Magnetnadel um eine horizontale Axe in einer verticalen Ebene sich frey bewegen lassen. Trifft diese verticale Ebene mit dem magnetischen Meridian selbst zusammen, so zeigt die Nadel für jeden Ort der Erde eine bestimmte Neigung gegen den Horizont und Richtung ihrer Pole in dieser Neigung, so zwar, daß auf der nördlichen Hälfte der Erde (oder streng genommen auf der nördlich vom magnetischen Aequator, der mit dem Erdäquator nicht genau zusammenfällt, gelegenen Hälfte der Erde) der Nordpol, auf der südlichen Hälfte der Südpol zu unterst gekehrt ist, die Neigung selbst aber von jenem magnetischen Aequator aus, wo sie o ist, oder wo eine vor der Magnetisirung äquilibrirte Inclinationsnadel auch nach dem Magnetisiren in ihrem Gleichgewichtszustande unverändert geblieben ist, nach beyden Polen zu nach einem bestimmten Gesetze zunimmt.

14. Jene Declination und Inclination ergeben sich demnach als die aus allen Einflüssen des Erdkörpers auf die Magnetnadel in den bestimmten Ebenen resultirenden mittleren Richtungen, und soferne jene Richtungen und die Bewegungen, durch welche die Nadel bey einer Verrückung dahin zurückkehrt, in jeder Hinsicht vollkommen übereinstimmen mit Bewegungen, welche die Pole eines andern Magnets in bestimmten Lagen gegen die Pole einer Magnetnadel hervorbringen, hat man einen tellurischen Magnetismus angenommen, über dessen Ursprung, Abhängigkeit und wahre Natur indessen sehr verschiedene Hypothesen aufgestellt worden sind, wovon wir weiter unten handeln werden. Ohne der Wahrheit im Geringsten zu nahe zu treten, und indem man gleichsam das bloße Factum ausdrückt, kann man dem Erdkörper eine magnetische Axe und magnetische Pole zuschreiben, wovon der nach Norden gelegene Pol der freundschaftliche des Nordpols der Magnetnadel, der nach Süden gelegene Pol der freundschaftliche des Südpols der Magnetnadel seyn würde, und eben dem Gesetze gemäß, daß die ungleichnamigen Pole die freundschaftlichen oder sich anziehenden sind, der nach Norden gerichtete Pol der Magnetnadel in Beziehung auf den Nordpol der Erde gleichsam als ein Südpol, der nach Süden gerichtete Pol in Beziehung auf den Südpol der Erde gleichsam als ein Nordpol zu betrachten ist, und diesen Namen auch von den französischen Gelehrten erhalten hat. Dieser Erdmagnetismus nun ist es, der in alle magnetische Erscheinungen wesentlich mit eingreift, ihre Art und ihren Grad bestimmt, und mit andern Kräften bald in derselben Wirkung concurrirt, und diese folglich befördert und verstärkt, bald im Kampfe und Gegensatze mit denselben ist, und so ihre Wirkungen beschränkt, welches Eingreifen sich namentlich in Bestimmung der Declinations- und Inclinationserscheinungen der Nadel unter mancherley Verhältnissen thätig beweist, und nur durch

gewisse künstliche Vorrichtungen, wohin die Einrichtung einer astatischen Magnetnadel gehört (s. u.), elidirt werden kann.

15. Noch waren vor der Entdeckung des Elektromagnetismus die Erscheinungen des sogenannten Quer- oder Transversal-Magnetismus wenig erforscht, doch schon bekannt. Brugmanns hatte zuerst darauf aufmerksam gemacht. Bey einem sogenannten Transversal-Magnete sind die Pole nicht nach der Längenaxe, sondern nach der Queraxe des magnetischen Stabs oder einer Magnetnadel gelagert. Man kann sich einen solchen einfachen Transversal-Magnet als eine unendliche Menge der Quere des Magnets nach neben einander gelagerter gewöhnlicher Längenmagnete von der Länge des Querdurchmessers vorstellen, die durch ihre gleichnamigen Pole zwey Streifen bilden, zwischen denen durch die Längenaxe der Nadel eine Indifferenzlinie hinläuft. An jedem Ende der Länge befinden sich demnach beyde Pole zugleich neben einander, und in dieser Richtung heben sich also die Wirkungen derselben wechselseitig auf, dagegen wirkt in jedem Querschnitte auf der einen Seite oder an dem einen Ende ein Nordpol, auf der andern Seite oder an dem entgegengesetzten Ende ein Südpol. Ein solcher Transversal-Magnet in der horizontalen Ebene um eine verticale Axe frey schwingend, wird sich demnach mit der einen Seite seiner Breite nach dem magnetischen Norden, mit der andern Seite nach Süden richten, und das eine Ende seiner Länge wird nach dem magnetischen Osten, das andere nach dem magnetischen Westen gekehrt seyn. Schon Beccaria hatte solche Magnete durch elektrische Schläge dargestellt, indem er Nadeln oder Stäbe ihrer Länge nach in die Richtung von Osten nach Westen stellte, und den elektrischen Schlag von Flaschen oder Batterieen der Quere nach von Norden nach Süden durch sie hindurchgehen ließ. Erst durch die wichtigen Entdeckungen im Gebiete des Elektromagnetismus ist

die Aufmerksamkeit der Physiker auf den weniger beachteten Transversalmagnetismus wieder zurückgeführt, und überhaupt die Lehre vom Magnetismus nach vielen Seiten hin erweitert worden, wie aus dem Verfolge dieser Abhandlung selbst sich näher ergeben wird.

IV.

Wirkungen des durch einen horizontalen Schließungsdrath gehenden elektrischen Stromes auf die Declinations-Nadel. Bequeme Vorrichtung zur Anstellung dieser Versuche.

---

16. Bey der so vielfachen und mannichfaltigen Abwechselung von Verhältnissen, in welche der Leitungsdrath, und durch diesen der elektrische Strom, der gleichsam durch ihn verkörpert und seiner Gestalt und Richtung nach im Raume durch ihn fixirt ist, mit der Magnetnadel treten kann, und bey der Verwickelung der Phänomene, die davon abhängen, ist es vor allen Dingen nöthig, gewisse Hauptverhältnisse zuerst ins Auge zu fassen, aus denen sich alle übrigen, gleichsam als mittlere, zusammensetzen. Die einfachsten Erscheinungen sind diejenigen, welche die Declinationsnadel zeigt, sie waren es auch, von denen aus die ganze Reihe der übrigen Erfahrungen sich allmählig entwickelt hat. Oersted hat in seiner ersten Ankündigung vorzüglich die specifischen Wirkungen der Elektricität ins Auge gefaßt, und für jede ihre besondere Wirkungsart festgesetzt. Er hatte sich eines Voltaischen Apparats bedient, in dessen Leitungsdrath in Beziehung auf positives und negatives Ende, nach den Polen bestimmt, mit welchen diese Enden in unmittel-

barer Verbindung standen, der elektrische Strom (in unserm oben näher bestimmten Sinne genommen) gerade die entgegengesetzte Richtung hat von derjenigen in einem Leitungsdrathe, welcher die beyden Elektromotoren eines einfachen Elements verbindet, soferne die beyden Enden desselben ihre elektrische Bezeichnung nach dem elektrischen Werthe erhalten, mit welchem die beyden Metalle auftreten, mit welchen sie verbunden sind. Da spätere Versuche gelehrt haben, daß ein gut eingerichteter einfacher Galvanischer Elektromotor alle Wirkungen, von denen hier zunächst die Rede ist, in gleichem Maße hervorbringt, wie der wirksamste Voltaische Apparat, so will ich die Wirkungen des von einem solchen Elektromotors abhängigen elektrischen Stromes hier zunächst beschreiben. Ein einfacher Apparat, den ich mir dazu habe anfertigen lassen, dient vortrefflich dazu, alle Modificationen dieses Fundamentalversuchs anschaulich darzustellen. Er ist in Fig. 3. abgebildet. Auf einem festen Untergestelle A, das mit drey Stellschrauben versehen ist, um es vermittelst einer Wasserwage genau horizontal stellen zu können, dreht sich um einen Zapfen in B die eigentliche Vorrichtung für die Versuche. Auf der obern Fläche des Untergestelles ist ein eingetheilter Kreis angebracht, von welchem stets ein Quadrant wie in C sichtbar ist, an welchem ein sich mit dem Zapfen drehender Zeiger das jedesmalige Azimuth, in welches die Hauptvorrichtung gedreht worden ist, anzeigt. Diese Vorrichtung selbst besteht aus drey in Hülsen wohlbefestigten, im Dreyeck gestellten Glassäulen D, D′, D″. Die seitwärts stehende ist bestimmt, die Boussole zu tragen, deren Mittelpunct gerade über dem Mittelpunct des Drehungszapfens steht, die beyden andern Glassäulen dienen dazu, die verschiedenen Leitungsdräthe, Stäbe u. s. w. zwischen sich aufzunehmen, zu deren Befestigung, Spannung u. s. w. passende Schraubenzwingen angebracht sind, die aus beweglichen, in jeder Höhe zu be-

festigenden, messingenen Hülsen bestehen, deren obere Platte aus zwey abgesonderten Stücken besteht, von denen jedes für sich durch zwey Schrauben angezogen werden kann. An dem einen Ende des Gestelles befindet sich der kupferne Kasten E, in welchen eine Zinkscheibe hinabhängt, die mit ihrem unter einem rechten Winkel eingebogenen Theile zwischen der Schraubenzwinge der Hülse der einen Glassäule festgehalten ist. Die Boussole kann, da sie an ihrer Glassäule durch eine bewegliche Hülse auf und nieder geschoben, auch durch einen in einem Charnier beweglichen Arm an dieser Hülse seitwärts gedreht werden kann, über oder unter den Leitungsdrath gebracht, auch seitwärts neben denselben gestellt, und zugleich in jede beliebige Entfernung in diesen verschiedenen Richtungen versetzt werden. Der Apparat ist noch mit den nöthigen Vorrichtungen versehen, um zwey Leitungsdräthe lothrecht in jede Entfernung übereinander, oder in der horizontalen Ebene neben einander stellen zu können, wobey der zur Verbindung der beyden über einander stehenden Leiter dienende Leitungsdrath als lothrechter in seinem Verhalten gegen die Magnetnadel untersucht werden kann. Da auf die genaue und innige Berührung aller Glieder des Leitungs-Apparats Alles ankömmt, und bey einer so schwachen elektrischen Spannung, wie die eines einfachen Elektromotors, auch die dünnste Luftschicht schon ein hinlängliches Hinderniß für den elektrischen Strom ausmachen, auch die Berührung der Leitungsglieder, da, wo sie kein Continuum bilden, nicht hinreichen würde, so sind an allen diesen Stellen Schrauben angebracht, durch welche die genaueste metallische Berührung in mehreren Puncten erzielt wird. Der Apparat gewährt zugleich die größte Bequemlichkeit, den Leitungsdrath, in Beziehung auf den magnetischen Meridian, in alle beliebige, genau bestimmbare Stellungen zu versetzen. Man sieht leicht ein, daß man den Leitungsdrath auch so führen kann, daß er nur über die

eine oder die andere Hälfte der Magnetnadel der Länge oder der Quere nach hinläuft, und nur mit dem einen Pole in Wechselwirkung kömmt, nach der Weise, wie Poggendorf seine Versuche angestellt hat. Da Oersteds erste Versuche stets den combinirten Ausschlag der Einwirkung des elektrischen Stroms auf beyde Pole lieferten, auch die meisten Versuche über Declination so angestellt wurden, so will ich auch in dieser Darstellung von dieser Form der Versuche ausgehen.

17. Ich stelle den untern Zeiger auf o, von wo aus links die Kreiseintheilung beginnt, spanne zwischen die Schraubenzwinger der beyden Säulen einen Messingstab von der Breite eines Viertelzolls, stelle die Boussole unter denselben, und verschiebe das Instrument so lange, bis die Magnetnadel parallel mit dem Leitungsdrathe ist, oder beyde Axen mit einander zusammenfallen, und drehe die um ihre eigene Axe bewegliche Eintheilung der Boussole so lange, bis die Nordspitze der Nadel auf o trifft. Man sieht leicht ein, daß nun der elektrische Strom in dem obern Leitungsdrathe in dieselbe Richtung mit der Nadel oder in die Richtung des magnetischen Meridians fällt, und daß man ihm durch Umdrehung des Apparats jede beliebige Richtung geben, und ihn in jedes Azimuth stellen kann. Der kupferne Kasten befinde sich im magnetischen Norden, von seinem untern Theile gehe ein Leitungsdrath bis zur Glassäule D, längs welcher ein anderer Leitungsdrath aufwärts geführt und durch eine Schraube an die Hülse der Glassäule befestigt wird, um so den Strom nach dem obern Messingstabe, dessen Wirkung zunächst untersucht werden soll, zu führen, der, selbst zwischen den Schraubenzwingen der beyden Glassäulen fest gepreßt, einerseits mit dem in das mit Schwefelsäure versetzte Wasser, oder irgend eine andere leitende Flüssigkeit, womit der kupferne Kasten gefüllt ist, hinabhängenden Zinkbleche, andererseits mit jenem aufwärts führenden Drathe in genauer metallischer Verbindung steht. (Bey der großen Ent-

fernung des untern Leitungsdrathes von dem obern kann seine Wirkung auf die Magnetnadel hier vernachlässigt werden, man sieht aber leicht ein, daß bey Annäherung dieser beyden in gleicher Richtung gehenden Dräthe an einander die Wirkung immer mehr eine combinirte aus dem elektrischen Strome beyder wird, womit die erste Vervielfachung gegeben ist.) Befindet sich nun die Magnetnadel über dem obern Leitungsdrathe aa, so daß also der elektrische Strom (stets in unserm obigen Sinne genommen) unterhalb derselben von Süden nach Norden geht (oder wie man sich in der Sprache des Dualismus ausdrücken würde, die positive Elektricität unter dem Nordpole, die negative Elektricität unter dem Südpole eintritt), so wird die Magnetnadel nach Osten abgelenkt, d. h. der Nordpol geht nach Osten, der Südpol nach Westen. Diese Ablenkung ist im ersten Augenblicke der Schließung (die, um das Maximum der Wirkung zu haben, in einem Augenblicke in hinlänglich vielen Puncten an irgend einer Stelle, wo die Leitung vorher noch unterbrochen war, geschehen muß,) am größten, die Bewegung der Nadel ist von eigenthümlicher, merkwürdiger, gleichsam zuckender Art; sie wird (bey hinlänglich kräftigem Apparat) mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit mehr, als um das Doppelte (oft das Dreyfache, ja bisweilen wird sie durch die ganze magnetische Windrose mehrmals herumgedreht,) des Ablenkungswinkels, unter welchem sie endlich zur Ruhe kömmt, fortgestoßen, und kömmt erst nach vielen allmählig abnehmenden Oscillationen endlich zur Ruhe. Bey diesen Oscillationen ist zu bemerken, daß der Ruhestand der Nadel niemals das Mittel ist zwischen den beyden Gränzpuncten, bis zu welchen die Oscillationen sich in jedem Augenblicke erstrecken, sondern dem Gränzpuncte nach dem Orte hin, von welchem aus die Ablenkung erfolgt, und nach welchem die Nadel zurückgeht, stets näher liegt, als dem andern Gränzpunkte,

nach welchem hin die Ablenkung Statt hat, eben weil der Schließungsdrath durch seine stetig wirkende ablenkende Kraft verhindert, daß die Nadel nach ihm hin ihre Oscillationen so weit erstrecken konnte, als sie nach dem bloßen Gesetze der Trägheit oder Beharrung gethan haben würde. Daher rührt es dann auch, daß, wenn ein sehr kräftiger elektrischer Strom durch den Schließungsdrath sich ergießt, die Nadel in ihren rückgängigen Oscillationen niemals unter oder über ihm hinweg und über ihn hinausgeht, und der Ruhestand um so mehr von diesem Mittel zwischen den beyden Gränzpuncten der Oscillationen abweicht, und der Punct desselben um so näher dem Orte, von welchem aus die Ablenkung geschah, liegt, je kräftiger der elektrische Strom ist; dagegen bey sehr schwachen elektrischen Strömen die Nadel gewöhnlich auch in ihrer rückgängigen Bewegung auf die andere Seite des Schließungsdrathes gelangt, und der Ruhestand genauer das Mittel zwischen beyden Gränzpuncten hält. Etwas Constantes läßt sich übrigens für die Größe der ursprünglichen Ablenkung, die Ausdehnung, Zahl und Schnelligkeit der Oscillationen und den endlichen Ruhestand der Nadel nicht aufstellen, da so viele Umstände, wie namentlich die Länge der Magnetnadel, ihre magnetische Intensität und die Stärke des elektrischen Stroms, welche von dem Elektromotor und dem Leitungsdrathe abhängt, hierbey die bestimmenden Umstände sind, die sich kaum auf Zahlen-Werthe zurückführen lassen. Nur eine Gränze, bis zu welcher die Ablenkung, in Beziehung auf den endlichen Ruhestand der Nadel, getrieben werden kann, ist es, welche sich bestimmen läßt; diese Gränze ist die Stellung der Magnetnadel unter einem rechten Winkel gegen die Axe des Schließungsdraths, oder in dem gegebenen Falle die Richtung des Nordpols gerade nach dem magnetischen Osten, alle übrigen Stellungen der Magnetnadel fallen zwischen diesen Punct und den Nordpunct.

Wird der Apparat aus der als normal angenommenen Stellung um 90° nach Westen gedreht, so daß der kupferne Kasten im magnetischen Westen steht, und der elektrische Strom unter einem rechten Winkel von Osten nach Westen die Richtung der Magnetnadel durchschneidet, deren beyde Hälften rechts und links von der Axe des Schließungsdrathes liegen, so bleibt die Nadel in vollkommener Ruhe, und ist in ihrer normalen Tendenz gleichsam verstärkt worden, indem sie, aus dieser Lage durch den Finger seitwärts bewegt, mit rascheren Oscillationen und schneller in dieselbe zurückkehrt, als sie unter den gewöhnlichen Umständen in dieselbe zurückgekehrt seyn würde. Bey einer neuen Umdrehung um einen Quadranten, so daß der kupferne Kasten nunmehr im magnetischen Süden steht, und der elektrische Strom von Norden nach Süden unter derselben weggeht, verhält sich Alles (was die Größe der Ablenkung, die Oscillationen u. s. w. betrifft,) vollkommen eben so, wie im ersten Falle, nur in Ansehung der Richtung in entgegengesetztem Sinne, indem diese nun nach Westen erfolgt. Bey einer neuen Umdrehung um einen Quadranten, wo dann der kupferne Kasten im Osten steht, und der elektrische Strom, wie in dem zweyten Falle, nur in entgegengesetzter Richtung unter der Nadel sich fortbewegt, bleibt die Nadel entweder gleichfalls unverrückt, oder sie wird gänzlich umgedreht, bewegt sich mehrmals durch den ganzen Ablenkungskreis in die Runde, und kömmt endlich bey gehöriger Stärke des elektrischen Stromes mit dem Nordpole gerade im Südpuncte zur Ruhe. — Alle diese Erscheinungen verhalten sich, was die Richtung der Bewegung und die endliche Ablenkung im Ruhestande betrifft, gerade auf die entgegengesetzte, was aber das Uebrige der Phänomene, die Oscillationen, den Ablenkungswinkel u. s. w. betrifft, auf eine ganz gleiche Weise, wenn der Leitungsdrath über der Nadel weggeht, so daß also bey derselben ersten normalen Lage

des kupfernen Kastens im magnetischen Norden, wie im ersten Falle, wo der elektrische Strom von Süden nach Norden über der Nadel weggeht, die Ablenkung nach Westen erfolgt und so verhältnißmäßig in den übrigen Fällen.

18. Aendert man den Versuch so ab, daß zwischen der jedesmaligen neuen Stellung des Schließungsdrathes die leitende Verbindung nicht aufgehoben, sondern fortdauernd unterhalten, und der Schließungsdrath durch fortgesetzte Drehung des Apparats allmählig in alle Azimuthe gebracht wird: so zeigt sich die Erscheinung und der Wechsel derselben in einer auf eine interessante Weise abgeänderten Gestalt. Fangen wir in diesem Falle abermals mit der Stellung des Verbindungsdrathes im magnetischen Meridiane, und des kupfernen Kastens im magnetischen Norden an, die Magnetnadel unterhalb dem Drathe, so daß also der elektrische Strom von Süden nach Norden über dieselbe hinweggeht, und bey der ersten Schließung die Ablenkung nach Westen erfolgt: so wird, wenn die Drehung mit dem Kasten in der Richtung nach Osten geschieht, die Magnetnadel dem, dem Kupferkasten am nächsten gelegenen (am Anfange nach Norden gerichtet gewesenen) Ende des Schließungsdrathes ununterbrochen folgen und scheinbar von demselben nachgezogen werden, und eben so von Westen aus durch alle Azimuthe nach Norden, Osten und durch Süden hindurchgehen, und dabey bey jeder Stellung des Schließungsdrathes in einem beliebigen Quadranten gerade die Ablenkung oder Richtung haben, die sie früher bey der augenblicklichen Schließung nach wiederholten Oscillationen angenommen hatte. Geschieht die Drehung in entgegengesetzter Richtung von Norden nach Westen, so wird vielmehr der Nordpol scheinbar abgestoßen und von dem nach Norden gerichteten Ende des Schließungsdrathes vor sich hergetrieben, um jedes Mal die Stellung zu haben, die er bey der unmittelbaren Schließung gehabt haben würde.

19. Zur Erläuterung dieser Verhältnisse habe ich sehr mannichfaltige Versuche mit Elektromotoren von verschiedener Stärke, verschiedenen Magnetnadeln, Leitungsdräthen von verschiedener Oberfläche u. s. w. angestellt. Es versteht sich von selbst, daß nach Verschiedenheit dieser Umstände die Zahlen-Werthe für die Ablenkungen, die Größe der ersten Schwingungen im Augenblicke der Schließung, die Geschwindigkeit derselben u. s. w. sehr verschieden ausfallen mußten. Auch ließ sich zum Voraus erwarten, daß selbst die Verhältnisse der Ablenkungen gegen einander in den verschiedenen Stellungen des Schließungsdrathes in den verschiedenen Versuchen nicht ganz gleich ausfallen konnten, da im Laufe der Versuche selbst die, mannichfaltigen Fluctuationen unterworfene Wirksamkeit des elektromotorischen Apparats die Resultate abändern mußte. Um die Stärke der jedesmaligen Wirkung richtig zu beurtheilen, muß man die Größe der Ablenkung nicht sowohl auf die ursprüngliche Richtung der Magnetnadel, oder auf den magnetischen Meridian, als vielmehr auf die jedesmalige Stellung und Richtung des Schließungsdrathes beziehen. Uebersieht man dieses Verhältniß, so geben die Zahlenwerthe der Ablenkungen ganz unrichtige Vorstellungen von der Stärke der magnetischen Thätigkeit. Um nur ein Beyspiel anzuführen, so erhielt ich z. B., wenn der elektrische Strom über die Magnetnadel hin von SW. nach NO. floß, bey einem Elektromotor von bestimmter Stärke nur eine Abweichung von 35° nach Westen, bey der Richtung des Stromes dagegen von SO. nach NW. eine Abweichung von 80° nach Westen, und doch war, in Beziehung auf den Schließungsdrath, der Ablenkungswinkel viel größer im erstern, als im letztern Falle, dort 80°, hier nur 35°. Alles modificirt sich nehmlich durch die Entgegenwirkung des tellurischen Magnetismus, die für die verschiedenen Stellungen des Schließungsdrathes und die durch diese geforderten Ablenkungen einen

sehr verschiedenen Werth hat. In dem zweyten Falle äußert bey demselben Ablenkungswinkel, in Beziehung auf den Schließungsdrath, der tellurische Magnetismus eine viel stärkere Entgegenwirkung, als in dem ersten Falle, und verhindert dadurch, daß es zu keiner so großen Ablenkung kömmt, als in dem ersten Falle, wenn gleich die Ablenkung, an sich betrachtet, in dem zweyten Falle viel größer ist. Mit einem Worte, der jedesmalige Ruhestand ist das Resultat des Gleichgewichts der ablenkenden Kraft, die allein eine constante Größe ist, wenn der Elektromotor gleichförmig wirkt, und der den Nordpol antreibenden Kraft des tellurischen Magnetismus, welche in jeder Stellung eine andere ist. Will man auffallend große Ablenkungen haben, so muß man die Magnetnadel zwischen zwey Leitungsdräthe zugleich bringen, wovon der eine über ihr, der andere unterhalb derselben hinweggeht, deren Ströme sich dann wechselseitig unterstützen und die Wirkung dadurch verdoppeln. Aus einer großen Reihe von Versuchen will ich nur für die acht Hauptstellungen die Resultate derjenigen ausheben, die mir die regelmäßigsten gewesen zu seyn schienen, und zur Vergleichung die unter gleichen Umständen erhaltenen Resultate der Versuche des Herrn Prof. Gilbert*) daneben stellen. Die erste Columne bezeichnet den Standort des kupfernen Kastens, von welchem aus der elektrische Strom unterhalb der Nadel ab-, und nach welchem der elektrische Strom oberhalb der Nadel hinfloß; die zweyte Columne gibt die Größe der Ablenkung und die Weltgegend, nach welcher sie Statt fand, in Beziehung auf den magnetischen Meridian; die dritte endlich die Größe des Winkels, welchen die Magnetnadel in ihrer neuen Stellung mit dem Schließungsdrathe bildete, also die Ablenkung in Beziehung

---

*) Aus dessen lehrreichem Aufsatze in s. Annalen 1820. III. S. 331.

auf diesen an. Die Ausdehnung der ersten Schwingung, die ihrer Größe nach von sehr veränderlichen Umständen, insbesondere von der mehr oder weniger augenblicklich und hinlänglich erfolgenden Schließung abhängt, so wie die allmählige Abnahme der successiven Schwingungen habe ich übergangen. Die acht Figuren, von Nr. 4 bis 11, machen diese verschiedenen Stellungen und den jedesmaligen Standort des kupfernen Kastens anschaulicher.

A.	B.		C.	
	Gilbert.	Pfaff.	Gilbert.	Pfaff.
1) S.	50. 42.	75. O.	50. 42.	75. O.
2) SW.	75.	80. O.	30.	35. O.
3) W.	0.	180.		90.
4) NW.	75.	80. W.	30.	35. W.
5) N.	40. 42.	75. W.	40. 42	75. W.
6) NO.	15.	35. W.	60.	80. W.
7) O.	0	0	0	0
8) SO.	15.	35. O.	60.	80. O.

In Rücksicht auf die genaue Uebereinstimmung dieser Zahlen in den auf den entgegengesetzten Seiten einander entsprechenden Lagen muß ich bemerken, daß sie eigentlich mehr das Mittel aus verschiedenen Versuchen sind, da ich in keinem einzigen Versuche diese Zusammenstimmung ganz genau fand, und insbesondere für die östlichen Abweichungen gewöhnlich ein Paar Grade mehr erhielt. Was die gänzliche Umkehrung der Nadel in der Lage Nr. 3 betrifft, so daß der Nordpol nun im magnetischen Süden steht, so ist ein sehr wirksamer elektrischer Strom dazu erforderlich. In diesem Falle schwingt die Magnetnadel mehrmals durch die ganze magnetische Windrose, ihr Stand ist höchst unruhig und scheint durch ein merkwürdiges Schwanken in den Oscillationen, da sie das eine Mal schnell zur Ruhe kömmt, bald wieder in lebhafte Schwingungen geräth, die Fluctua-

tionen des elektrischen Stromes auffallender anzuzeigen. Auch zeigte sich ein Mal, ohngeachtet die erste große Schwingung in der Richtung nach Osten erfolgt war, welche jedoch weit über den Südpunct hinaus in die westliche Hälfte sich erstreckt hatte, die Nadel in der westlichen Region, nehmlich 10° S. gen West zu beharrend, so daß, von der ursprünglichen Richtung der Abweichung aus gerechnet, diese in ihrer Totalität 190° betrug. Herr Gilbert bemerkt in Rücksicht auf diesen Fall Folgendes*). In seinen früheren Versuchen, in denen er statt des kupfernen Kastens einen Platinatiegel angewandt hatte, setzte sich (bey der Richtung des elektrischen Stromes oberhalb der Nadel von Osten nach Westen), nachdem er große Gasblasen, die sich reichlich an den Wänden des Tiegels angesetzt hatten, mit einem Glasstäbchen abgewischt hatte, die zuvor in Ruhe gebliebene Nadel anfangs sehr langsam, dann immer schneller in Bewegung, und vollendete so einen Umlauf, ob jedoch ganz, konnte er sich nicht mehr erinnern. Er erhielt etwas Aehnliches noch ein zweytes Mal, dann aber nicht wieder. Er bemerkt, daß nach dem zum Grunde gelegten Gesetze der Linksablenkung des Nordpols (s. u.) bey jener Richtung des elektrischen Stromes die ablenkende Kraft gerade nach Süden, und also der den Nordpol antreibenden Kraft entgegengesetzt sey, und daß beym Uebergewichte der ersteren über die letztere es nur darauf ankomme, der Nadel einen ersten Anfang von Bewegung mitzutheilen, weil ohne diese kleine Verrückung der Ueberschuß der ablenkenden Kraft über die antreibende die Nadel rechts und links gleich stark zu drehen bestrebt ist, und es also bey noch so starkem Ueberschusse zu keiner Drehung kommen kann. Dieß gibt zugleich ein sicheres Mittel an die Hand, um in jedem gegebenen Falle zu entscheiden, ob die

*) A. a. O. S. 378.

ablenkende Kraft eines elektrischen Stromes und also überhaupt sein magnetisches Vermögen stärker ist, als die den Nordpol antreibende des tellurischen Magnetismus. Man hat nur bey obiger Richtung des Stromes von W. nach O. unterhalb der Nadel (oder von O. nach W. oberhalb) diese mit dem Finger etwas aus dem magnetischen Meridiane zu drehen. Ist die ablenkende Kraft die stärkere, so muß die Nadel sich weiter drehen, und der Nordpol durch Süd hindurch beynahe einen vollen Umlauf machen, wo nicht, so geht er zu Nord zurück, und kömmt hier zur Ruhe.

Herr Secretär Bechstein*) hat noch in mehreren Azimuthen, als in den oben von mir angegebenen, Versuche über die Art und Größe der Ablenkungen angestellt, deren Resultate im Wesentlichen mit jenen übereinkommen. Die größte östliche Abweichung erhielt er beym Stande des Gefäßes in WSW., nach welchem der elektrische Strom oberhalb der Nadel von ONO. hinfloß. Um zu erforschen, ob in dieser Lage das Maximum der ablenkenden Kraft sey, oder ob eine noch größere Ablenkung erfolge, wenn z. B. das Gefäß in West gen Süden stehe, drehte er das Instrument sanft und ohne die geringste Erschütterung aus WSW. nach W. zu, doch augenblicklich ging nun auch die Nadel ganz langsam nach Norden zu, und blieb ohne zu oscilliren auf 0 stehen. Sein Elektromotor war also zu schwach, um die gänzliche Umkehrung der Nadel zu bewirken, welche geringere Wirksamkeit auch daraus hervorging, daß bey den rückwärts gehenden Oscillationen die Nadel in den meisten Fällen über den Schließungsdrath hinausging.

20. Da in allen Versuchen mit einer gewöhnlichen Declinationsnadel die ablenkende Kraft des elektrischen Stromes stets im Conflicte mit der richtenden

---

*) Gilb. Ann. 1821. I. 371.

Kraft der Erde ist, so wird es allerdings etwas schwierig, aus diesen Versuchen die reine und einfache Wirkung des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel zu entwickeln. Um diesen gleichsam störenden Einfluß des Erdmagnetismus zu beseitigen, war die Einrichtung einer sogenannten astatischen Magnetnadel nach Ampères Angabe sehr zweckmäßig*). Herr Prof. Schmidt hat die von Ampère gewählte Einrichtung noch einfacher und bequemer gemacht. Ich theile ihre Beschreibung und Abbildung, so wie wir sie Hrn. Prof. Schmidt verdanken, mit. In Fig. 5. sieht man einen senkrechten Durchschnitt dieser Nadel in der Hälfte der natürlichen Größe dargestellt. Die kreisförmige Scheibe AA von Messing, welche zum Fußgestelle dient, ruht auf drey messingenen Stellschrauben, damit man sie, vermöge einer aufgesetzten Libelle, horizontal stellen könne. Aus der Mitte derselben erhebt sich als Träger ein schmales Parallelepipedon BB, das sich oben in zwey Backen endigt, die ein Charnier bilden, um dessen Mittelpunct die an ihrem Rande gezähnte runde Scheibe CC durch die Schraube ohne Ende K herumgetrieben werden kann. Die eine Seitenfläche der drehbaren Scheibe CC ist wenigstens zur Hälfte in Grade gehörig eingetheilt, und ein an dem Charnier befestigter Weiser gibt die Stellung der Scheibe an. Ist diese auf 90°, wie die Figur annimmt, so befindet sich die Axe EE der Magnetnadel ab in einer horizontalen Lage; steht dagegen der Weiser auf 0, so steht die Axe der Magnetnadel vertical, und die Nadel selbst bewegt sich dann in einer horizontalen Ebene. Auf ähnliche Art kann man der Axe der Magnetnadel eine jede beliebige Stellung gegen den Horizont geben. Um ihr jede beliebige Stellung gegen den magnetischen Meridian zu geben, darf man nur das Fußgestelle

---

*) S. Gilb. Annalen 1821. I. 141.

des Instruments auf einem vorher horizontal gestellten Kreisbrete oder Meßtische sanft umdrehen. In der verlängerten Ebene des Charniers CC befindet sich ein hinlänglich starker Träger D, und quer durch denselben geht unter einem rechten Winkel ein messingener Rahmen EE*). Die Axe der Magnetnadel sowohl, als auch der von 0 nach 180° laufende Durchmesser des eingetheilten Gradbogens, befinden sich genau in der verlängerten Ebene des drehbaren Kreises CC. An den Enden des von 0 nach 180° laufenden Durchmessers des eingetheilten Gradbogens CC sind zwey messingene Hülsen G G angeschraubt, in welchen sich zwey Glasröhren H H sanft auf und nieder schieben lassen; sie dienen zur Befestigung des parallel über der Magnetnadel herlaufenden Leitungsdrathes cc. oder eines dünnen 3 – 4 Linien breiten Messingstreifens FF. Dieser Streifen ist durchbrochen, sowohl in der Mitte, wo die Axe der Magnetnadel frey spielen soll, ohne ihn zu berühren, als auch an den beyden Enden, wo man die Grade des eingetheilten Bogens und den Stand der Magnetnadel beobachten will. Die Magnetnadel ist aus einer Uhrfeder verfertigt, 2‴ breit, und 5″ par. Maß lang. Ihre Axe besteht aus gehärtetem Stahl und endigt in sehr feinen Spitzen, welche in Pfännchen von Glockengut laufen. Mit einer solchen astatischen Magnetnadel sind die von mir sogleich zu beschreibenden Versuche angestellt. Die meinige, welche mir der Hr. Prof.

---

*) Von diesem Rahmstücke zeigt die Figur eigentlich nur die Querschnitte bey E, E; zur bessern Erläuterung hat man aber durch die fein punctirten Linien den Längendurchschnitt des Rahmstücks angegeben, um anzudeuten, wie erstens die feine stählerne Axe der Magnetnadel in der Mitte desselben bey E, E ruht, und wie zweytens an dem Rande des Rahmens der eingetheilte Gradbogen, längs dessen die Magnetnadel spielt, bey C, C befestigt ist.

Schmidt selbst gütigst besorgt hat, hat noch die Bequemlichkeit vor der hier beschriebenen voraus, daß die Scheibe CC, durch deren Bewegung die Magnetnadel in jede beliebige Neigung gegen den Horizont gebracht werden kann, statt an einem festen parallelepipedischen Träger, an einem hohlen Cylinder B befestigt ist, der um eine feststehende Axe gedreht werden kann, so daß man, der Magnetnadel zugleich jede Richtung im Azimuthalkreise zu geben, im Stande ist. Man sieht leicht ein, daß diese Einrichtung dem Wesen nach mit der von Ampère bey seiner astatischen Lampe gewählten übereinstimmt, und den eingetheilten Meßtisch entbehrlich macht. In dieser Absicht ist die kreisförmige Fußplatte AA an ihrem Rande genau eingetheilt, und ein von dem Pfeiler ausgehender Zeiger weist jedes Mal genau den Stand an.

21. Wenn man die Scheibe CC so stellt, daß der Zeiger auf 0 steht, so hat der Kreis, an welchem die Magnetnadel hin und her spielt, eine lothrechte, die Drehungsaxe der Magnetnadel dagegen eine horizontale Stellung. In dieser Lage kann die Magnetnadel als Inclinationsnadel dienen. Es ist interessant, zu beobachten, wie sich bey der Umdrehung des Pfeilers um seine Axe, oder der Durchbewegung durch alle Azimuthalgrade die Neigung der Magnetnadel immerfort verändert. Zwey Lagen sind es, in welchen die Nadel die größte Abweichung von der senkrechten Richtung hat, nehmlich diejenige (auf jeder Seite des Kreises, durch welchen sie gedreht werden kann, eine), wo die Axe der Magnetnadel senkrecht auf die Ebene des magnetischen Meridians steht, und folglich die Ebene, in welcher die Magnetnadel schwingt, mit dem magnetischen Meridiane zusammen fällt. Dreht man nun den Pfeiler und damit die Ebene des Kreises und die Magnetnadel aus diesen Stellungen nach der einen oder andern Seite, so nimmt die Inclination in beyden Fällen bey gleicher Verrückung um gleich viel ab, d. h. die Stellung der Magnetnadel nähert sich all=

mählig der senkrechten, und wenn man genau die Ebene des Kreises in die Richtung vom magnetischen Westen nach Osten gebracht hat, d. h. wenn die Ebene, in welcher nunmehr die Magnetnadel schwingt, senkrecht auf die Ebene des magnetischen Meridians ist, so spielt die Magnetnadel mit ihrem Nordpol genau auf 0 ein, oder steht lothrecht. Dieß ist zugleich das Merkzeichen für die richtige Beschaffenheit der Nadel. Um nun das Instrument zu den Versuchen vorzurichten, stelle man erst die Magnetnadel mit dem Kreise in eine verticale Stellung, bestimme durch Umdrehung des Pfeilers die vier Puncte im untern Umkreise, in deren zweyen die Ebene, in welcher die Nadel schwingt, die Richtung des magnetischen Meridians, in den zwey andern die Richtung des magnetischen Aequators hat, gebe dann dem Kreise durch die Schraube K die nöthige Neigung, so daß die vorher horizontale Axe nun die Inclination habe, welche an diesem Orte die Neigungsnadel haben würde, und bringe den Kreis durch die gehörige Drehung nach einem jener zwey Puncte in die Ebene des sogenannten magnetischen Aequators. In diesem Falle hat die Axe der Magnetnadel die Richtung des magnetischen Meridians, und die Nadel selbst schwingt in einer auf die Neigungsaxe senkrechten Ebene. Alle richtende Kraft der Erde hat nun aufgehört, auf die Nadel zu wirken, und sie bleibt ruhig in jeder Lage, die man ihr gibt.

22. Folgendes waren die Resultate der Versuche, welche ich mit dieser astatisch gemachten Nadel in verschiedenen Lagen anstellte:

1) Sie wurde so gestellt, daß ihre Axe mit der Ebene des magnetischen Meridians zusammen fiel, das eine Ende also nach Norden, das andere nach Süden hingerichtet war, und der elektrische Strom durch den breiten Verbindungsdrath ihrer Länge nach über sie hingeleitet. Es mochte nun der Nordpol unterwärts nach Süden hin,

oder nach oben nordwärts sich befinden, die Ablenkung des Nordpols geschah in beyden Fällen, wenn der elektrische Strom von unten nach oben oder von Süden nach Norden ging, nach Westen durch eine mehr ruhige nicht zuckende Bewegung, ohne alles Hin- und Heroscilliren, die Größe der Ablenkung war etwas verschieden nach Verschiedenheit der Stärke des elektrischen Stromes, sie betrug gewöhnlich 90°, doch ging sie auch darüber hinaus um 5, 10, 15, ja bis auf 40°.

2) Wurde in beyden Fällen (der Nordpol mochte nehmlich nach oben, oder unten stehen) die Magnetnadel mit dem Nordpole um 10° nach Osten hingeführt, ehe die Kette geschlossen ward, so erfolgte auch noch die Ablenkung nach Westen, anfangs langsam, aber beschleunigt, so wie die Nadel in ihrer Bewegung unter den Leitungsdrath kam, und in diesem Falle betrug gewöhnlich die Ablenkung mehr, als einen rechten Winkel.

3) Wurde die Nadel vor Schließung der Kette 20, 30, 40° nach Osten seitwärts gestellt, so blieb sie ruhig.

4) Wurde die Nadel quer gerade von Osten nach Westen gestellt, mit dem Nordpole nach Osten, so wurde sie bey der oben angegebenen Richtung des elektrischen Stromes in der Richtung nach Süden in Bewegung gesetzt, durchlief zwey Quadranten und setzte sich mit dem Nordpole gerade nach Westen. Bey schwacher Thätigkeit des Apparats erfolgte auch wohl gar keine Bewegung.

5) War der Nordpol bereits in Westen, so blieb Alles in Ruhe.

6) Alles verhielt sich, was die Richtung der Bewegungen für jeden Pol und seinen endlichen Ruhestand betraf, auf eine gerade entgegengesetzte Weise, wenn der Strom

in entgegengesetzter Richtung von Norden nach Süden ging.

Aus diesen Versuchen kann man die allgemeine Folgerung ziehen, daß der elektrische Strom stets die Tendenz hat, die in der Abweichungsebene schwebende Magnetnadel mit ihrer Axe in eine auf seine Richtung senkrechte Stellung zu bringen, und daß nur in dieser Stellung Gleichgewicht der anziehenden und abstoßenden Kräfte ist, welche die Bewegungen der Magnetnadel bestimmen.

V.

Inclinations = Veränderungen der Declinationsnadel durch die Einwirkung des elektrischen Stromes in einem horizontalen Leitungsdrathe. Versuche mit der Inclinations = Nadel.

---

23. Aus den bisherigen Versuchen ergab sich, daß die Ablenkungen einer Magnetnadel die entgegengesetzten von einander sind, wenn der Leitungsdrath oberhalb oder unterhalb derselben sich befindet, und der elektrische Strom in derselben Richtung das eine Mal über derselben, das andere Mal unterhalb derselben weggeht. Wie in allen Fällen eine Umkehrung eines Zustandes von Thätigkeit, jeder Uebergang einer Position in ihre entgegengesetzte durch ein 0 Beyder hindurchgeht, so läßt sich dasselbe auch hier zum Voraus erwarten. Es wird eine Lage der Magnetnadel in Beziehung auf den horizontalen Leitungsdrath geben, in welcher keine Ablenkung Statt findet, und diese Lage wird die Gränze gleichsam des 0 von oberhalb und unterhalb seyn,

also dahin fallen, wo die Axe der Nadel in einer und derselben horizontalen Ebene mit der Axe des Leitungsdrathes liegt. Dieß wird auch durch die Erfahrung bestätigt. Bringt man die Nadel in eine parallele Richtung mit dem Verbindungsdrathe auf die eine oder die andere Seite desselben, so daß der elektrische Strom statt zunächst auf die obere oder die untere Fläche, vielmehr auf die Seitenfläche derselben einwirkt, und mit seiner Axe von jenen beyden gleich weit absteht, so bleibt die Nadel in der Abweichungsebene unverändert, dagegen tritt eine Veränderung der horizontalen Lage, eine Neigungsbewegung, ein. Diese wurde schon in der ersten Ankündigung dieser Versuche von Oersted richtig bestimmt. Er bediente sich dazu einer durch ein Gegengewicht äquilibrirten, horizontal schwebenden Declinationsnadel, dicht neben welcher sich parallel mit derselben der Schließungsdrath befand. Stand der Drath an der Westseite der Nadel, so wurde derjenige Pol niedergedrückt, neben welchem die negative Elektricität, derjenige gehoben, neben welchem die positive Elektricität eintrat; bey umgekehrter Stellung, wenn der Drath auf der Ostseite der Nadel sich befand, fand in Beziehung auf denselben elektrischen Pol das Gegentheil Statt.

24. Außer diesem Falle bestimmte Oersted in jener Ankündigung einen zweyten, in welchem die Bewegung der Nadel, statt in der Declinationsebene, in derjenigen der Inclination erfolgte, der zugleich auf eine Verschiedenheit besonderer Puncte oder Stellen in jeder Hälfte der Magnetnadel hinzudeuten schien. Er bemerkte nehmlich, daß, wenn der Leitungsdrath quer über die eine oder die andere Hälfte der Magnetnadel, also in einer auf den magnetischen Meridian senkrechten Richtung hingeführt wurde, so daß der elektrische Strom von Osten nach Westen, oder in entgegengesetzter Richtung ging, die Nadel weder in der Declinationsebene verrückt, noch gehoben oder niedergedrückt wurde, ausge-

nommen in dem Falle, wenn der Drath dem einen oder dem andern Pole der Nadel sehr nahe war, wo der zunächst liegende Pol gehoben wurde, wenn der Strom von Osten nach Westen ging (—E von Westen eintrat), dagegen herabgedrückt wurde, bey entgegengesetzter Richtung des Stroms (wenn — E von Osten eintrat).

25. Mit einer eigentlichen Inclinationsnadel hatte Oersted keine Versuche angestellt. Diesem Mangel half Gilbert zuerst ab*). Er bediente sich dazu eines sehr einfachen Inclinatoriums. Der Messingring, in welchem die 5″ 3‴ lange gut äquilibrirte Nadel in Carniolpfannen innerhalb eines in Viertelgrade eingetheilten Kreises zwischen zwey Glasplatten schwebt, hängt an einem konischen, mit einem eingetheilten Azimuthalkreise versehenen Stifte, mittelst eines Doppelringes, ist also nach allen Richtungen frey beweglich, und der Limbus leicht in die magnetische Abweichungsebene zu bringen. Die Nadel zeigte 70¼ — 70½ Neigung. Außen auf die Glasscheibe des Inclinatoriums, der Nadel parallel, wurde der Leitungsdrath ein Mal etwas unter ihr und ein zweytes Mal etwas über ihr an der Westseite und dann an der Ostseite so gehalten, daß er in allen vier Lagen etwa 4 Linien von derselben abstehen mochte, worauf dann durch schickliche Verbindung mit dem kupfernen Gefäße und mit der in dasselbe eintauchenden Zinkplatte der elektrische Strom durch ihn hindurchgeführt wurde.

1) Durchfloß der elektrische Strom den Leitungsdrath von dem Puncte, der dem obern Ende der Inclinationsnadel gegenüber stand, nach dem untern Ende, oder von Süden nach Norden, und der Drath befand sich ostwärts von der Nadel: so bewegte sich die Nadel herabwärts und blieb bey 83—87° Neigung ruhen, gleich-

---

*) Vg. seine Abhandlung in den Ann. 1820. III. S. 358.

viel, ob der Drath unter oder über den beyden Polen sich befand.

2) Der Drath, westlich von der Nadel, ihr parallel, machte dagegen bey gleicher Richtung des elektrischen Stromes den Nordpol in beyden Lagen heraufwärts schwingen und in 57 — 60° Neigung ruhen.

3) Ging der Strom in entgegengesetzter Richtung, so verhielt sich Alles für dieselbe östliche oder westliche Lage des Drathes entgegengesetzt. Die Neigungsveränderungen dem Grade nach waren übrigens dieselben.

26. Ich stellte ähnliche Versuche mit einer Inclinationsnadel an, deren messingener, eingetheilter, mit Agathpfannen versehener Ring durch eine feine stählerne Spitze aufruhte und freye Bewegung nach allen Seiten hatte. Statt daß der Leitungsdrath in einerley Neigung neben der Nadel hingeführt wurde, bediente ich mich eines horizontalen Verbindungsdrathes und ließ ihn auf jeder Seite in drey Lagen auf die Inclinationsnadel wirken, nehmlich ihre Mitte, dann die obere nach Süden und die untere nach Norden hingerichtete Hälfte in der Mitte durchschneidend.

1) Der Leitungsdrath auf der Westseite der Nadel, der Strom von Norden nach Süden, verminderte Neigung; die Verminderung am größten, wenn der horizontale Leitungsdrath die Mitte der Nordhälfte durchschnitt, H e b u n g des Nordpols um 60° über die Horizontalebene; weniger betrug die Hebung des Nordpols, wenn der Leitungsdrath durch die Mitte der Nadel ging; am wenigsten, wenn er die Mitte der obern Hälfte durchschnitt, wo sich die Nadel nur um einige Grade über den Horizont mit ihrem Nordpole erhob. Ging man daher an der Inclinationsnadel mit dem Leitungsdrathe von unten nach oben aufwärts, so senkte sich der anfangs so hoch gehobene Nordpol allmählig wieder abwärts.

2) Der Leitungsdrath ostwärts von der Nadel, der Strom von N. nach S., vermehrte Neigung, die Vermehrung oder die Senkung nach den verschiedenen Stellungen des Leitungsdrathes in demselben Verhältnisse gegen einander, wie unter 1 die Hebung; doch kam die Nadel nie bis zur senkrechten Stellung mit ihrem Nordpole nach unten.

3) Bey entgegengesetzter Richtung des Stromes verhielt sich in denselben Lagen des Leitungsdrathes, wie unter 1 und 2, die Neigungsveränderung auf die entgegengesetzte Weise.

Aehnliche Versuche stellte ich auch mit der Nadel meiner astatischen Vorrichtung an.

1) Der Kreis, an welchem die Nadel hin und her schwingt, befand sich in lothrechter Richtung und im magnetischen Meridiane, die Nadel wich also in dieser Stellung am meisten von der lothrechten Richtung ab, der Winkel, den sie damit bildete, betrug $20\frac{1}{2}°$, die Inclination also $69\frac{1}{2}°$. Der Messingstreifen durchschnitt als lothrechter Durchmesser des Kreises die Nadel in ihrem Mittelpuncte, und war mit seinen beyden Hälften gegen die beyden Hälften der Inclinationsnadel unter einem Winkel von $20\frac{1}{2}°$ geneigt. Befand sich der Drath westwärts von der Nadel (diese also ostwärts von ihm) und der elektrische Strom ging dem Messingstreifen entlang von oben nach unten, so wurde die Inclination vermehrt, d. h. die Nadel ging mit ihrem Nordpole abwärts; befand sich dagegen der Messingstreifen ostwärts von der Nadel, so wurde die Inclination vermindert, d. h. der Nordpol ging aufwärts. Bey umgekehrter Richtung des Stromes verhielt sich für dieselbe Lage Alles auf die entgegengesetzte Weise.

2) Ich versetzte nun durch Drehung die Kreisebene in eine auf die Richtung des magnetischen Meridians senkrechte

Lage, welche nach vorn und nach hinten, oder richtiger auf der Südseite oder Nordseite des Instruments eintreten konnte. In jeder derselben stand die Nadel lothrecht, und nach der Einrichtung des Instruments konnte nun der elektrische Strom in derselben lothrechten Richtung vor oder hinter der Nadel, durch den dazu vorgerichteten Drath oder Stab, aufwärts oder abwärts geleitet werden. Befand sich

a) der Leitungsdrath vor der Nadel, also bey der Stellung des Kreises an der Nordseite im Norden der Nadel, so wurde die Nadel, wenn der Strom abwärts ging, nach Westen, bey aufwärts gehendem Strome nach Osten abgelenkt.

b) Bey der entgegengesetzten Stellung, wenn nehmlich der Kreis mit der Nadel auf der Südseite stand und der Drath hinter der Nadel, oder im Süden derselben sich befand, waren die Ablenkungen gerade die entgegengesetzten, bey abwärts gehendem Strome nach Osten, bey aufwärts gehendem nach Westen. Die Größe der ersten Oscillationen betrug bey Anwendung bloß zweyer Platten von 8 Quadratzoll Oberfläche und Salmiakauflösung 10°, die Abweichung von der senkrechten Richtung 4°.

c) Wurde dagegen der Leitungsdrath, statt lothrecht und also parallel mit der Magnetnadel, in horizontaler und also auf die Nadel senkrechter Richtung geführt, so fand nicht die geringste Bewegung der Nadel Statt, es mochte nun der Leitungsdrath dieselbe in der Mitte durchkreuzen, oder über die eine oder andere Hälfte derselben an einem beliebigen Puncte quer hingehen.

27. Erman*) stellte gleichfalls eine große Reihe von Versuchen mit der Inclinationsnadel an, deren Resultate er in zwey Tabellen mitgetheilt hat. Sie stimmen durchaus mit den von mir erhaltenen Resultaten überein, namentlich erhielt er gleichfalls, wenn die Schwingungsebene der Nadel senkrecht auf die Ebene des magnetischen Meridians stand, und folglich die etwanigen Bewegungen sich in Abweichungen nach Osten und Westen verwandeln mußten, bey der Stellung des Drathes im Süden der Nadel und bey durch denselben in gleicher Richtung mit der Nadel abwärts gehendem Strome (was der Fall war, wenn nach H. E. Bezeichnung + unten sich befand, d. h. der Zink mit dem untern Theile des Draths zunächst verbunden war) östliche Abweichung, und so Alles in den verschiedenen andern Lagen verhältnißmäßig. Befand sich die Neigungsnadel dagegen in der Ebene des magnetischen Meridians und äußerten sich dann die Wirkungen des elektrischen Stroms in Vermehrung und Verminderung der Neigung, so beobachtete er gleichfalls, wenn der elektrische Strom abwärts, d. h. von Süden nach Norden in paralleler Richtung mit der Neigungsnadel ging, und der Leitungsdrath auf der Ostseite der Nadel sich befand, verminderte Inclination, die Nadel machte mit dem Horizonte nun einen kleinern Winkel, sie wurde gehoben; dagegen wurde die Inclination vermehrt, die Nadel machte einen größern Winkel mit dem Horizonte, wenn der Leitungsdrath westwärts sich befand. Das Maximum von vermehrter Inclination betrug 82° bey einer ursprünglichen von 69°, und das Maximum von Erhebung der Nadel 60½°, eben so betrug die größte östliche Abweichung aus der lothrechten Stellung 11½°, das Maximum der westlichen 11°.

---

*) Umrisse. II. Abschnitt. S. 37.

Vergleicht man die unter 26 und 27 angeführten Resultate mit denen Gilberts, so findet man, daß sie einander gerade entgegengesetzt sind, und ich kann also nicht anders, als einen Druckfehler in Gilberts Annalen annehmen, wenn er bey östlicher Stellung des Leitungsdrathes und der Richtung des Stromes von oben nach unten eine Zunahme der Inclination angibt, und zwar um so mehr, da auch die Theorie (s. u.) für diese Stellung eine verminderte Inclination, d. h. eine Erhebung der Nadel fordert.

VI.

Wirkung des lothrechten Leitungsdrathes auf die Abweichungsnadel. Scheinbare Anziehungen und Abstoßungen. Merkwürdige Puncte der Magnetnadel. Faraday's genauere Bestimmungen. Berichtigung derselben.

---

28. Die Wirkung eines lothrechten Leitungsdrathes, oder eines elektrischen Stromes, der sich in dieser Richtung bewegt, ist für die Theorie von besonderer Wichtigkeit. Oersted hat auch dieses Verhältniß in seiner ersten Ankündigung im Allgemeinen genau bestimmt, doch in einem sehr dunkeln Vortrage, so daß er von den genfer Physikern gänzlich mißverstanden wurde, und auch Gilbert sich in den Sinn seiner Worte nicht recht hineinfinden konnte. Er unterschied zwey Verhältnisse, die hier auf den Erfolg influiren, ob nehmlich der Pol, oder richtiger die Endspitze, gerade vor oder hinter dem Leitungsdrathe, oder dieser sich zur Seite der Nadel befand, und also in dem ersten Falle gleichsam in der

Richtung der Axe, in dem zweyten von der Seite und also senkrecht auf die Axe der Magnetnadel wirkte.

Für den ersten Fall stellte er das allgemeine Gesetz auf, daß, wenn der obere Theil des lothrechten Leitungsdrathes mit dem negativen, der untere Theil mit dem positiven Ende der Batterie verbunden war, folglich nach unserm Sprachgebrauche der elektrische Strom aufwärts ging, der Pol der Nadel, welcher dem Leitungsdrathe gegenüber stand, in jedem Falle nach Osten abgelenkt wurde; folglich, wenn wir die Ablenkung auch hier nach der Bewegung des Nordpols bestimmen und nur auf diese beziehen, bey der Einwirkung des lothrechten Leitungsdrathes auf den ihm gerade gegenüber stehenden Nordpol die Ablenkung nach Osten, bey der Einwirkung auf den Südpol dagegen nach Westen erfolgte. Wurde dagegen der Verbindungsdrath seitwärts einem Puncte gegenüber gestellt, welcher zwischen dem Pole (der Endspitze der Nadel) und der Mitte (dem Drehungspuncte) gelegen war, so verhielt sich die Bewegung auf eine entgegengesetzte Weise, d. h. die Ablenkung des zunächst gelegenen Pols geschah jedes Mal nach Westen. Alles verhielt sich umgekehrt, wenn der Strom abwärts ging, oder oben + E unten — E von der Batterie aus eintrat.

29. Ampère, indem er diese Erfahrung bestätigte, fügte hinzu, daß, wenn man, anstatt den Leiter diesem intermediären Puncte zwischen dem Pole und der Mitte der Nadel gegenüber zu stellen, ihn jenseits des Pols von der Mitte der Nadel ausgehend stellt (also über die Nadel selbst hinausführt), man einen entgegengesetzten Effect, nehmlich Ablenkung des Pols nach Osten, erhalte. Er knüpft an diese Versuche ähnliche an, wo ein horizontaler Schließungsdrath der Quere nach auf einen Magnetstab wirkt, der lothrecht an ihm herabhängt, und an welchem sich dieselbe Umkehrung und Entgegensetzung nur statt in Ablen-

kungserscheinungen in Anziehung und Abstoßung des Pols offenbart, je nachdem man den Drath quer nahe am Pole, nach der Mitte der Nadel zu vorüber-, oder den Drath über den Pol hinausführt. Die genfer Physiker, welche diese Versuche zuerst wiederholten, bestätigten Oersteds Angaben, nur übersahen sie das ganz abweichende Verhalten jenes sogenannten intermediären Punctes von dem des Pols im engern Sinne oder der Endspitze der Nadel, und stellten die Erscheinungen als Anziehungen und Abstoßungen, nicht aber unter dem Gesichtspuncte von Ablenkungen dar. Eben darum erschien in ihren Versuchen das Verhalten der beyden Pole als ein entgegengesetztes, während Oersteds Formel für beyde Pole ein identisches — Abweichung nach Osten oder nach Westen — gibt*). Gilbert klärte in seinem Aufsatze das Verhalten des lothrechten Schließungsdrathes nicht weiter auf und nahm, um seine allgemeine Regel zu retten, an, daß, wenn der leitende Drath neben den Pol (im strengsten Sinne des Worts) gestellt werde, gar keine Ablenkung Statt finde*).

30. Ich habe diese Erscheinungen mit der größten Genauigkeit und Sorgfalt an Schließungsdräthen von verschiedener Form verfolgt, und will die Resultate meiner Versuche kurz mittheilen, die unmittelbar auf Faraday's spätere Bestimmungen hinführen, sie aber zugleich in einem Puncte berichtigen. Mein oben beschriebener Apparat gewährt auch in dieser Hinsicht alle möglichen Vortheile. Indem ich den lothrechten Schließungsdrath durch Umdrehen in alle möglichen Azimuthe stellen konnte, war ich in Stand gesetzt, bey einem parallelepipedalischen Schließungsdrathe allmählig die vier Hauptseiten und die vier Hauptkanten, bey

---

*) S. Gilb. Ann. 1820. III. 308.

**) A. a. O. S. 337.

einem cylindrischen Schließungsdrathe alle Durchmesser desselben u. s. w. dem Pole der Magnetnadel gegenüber zu bringen. Außerdem hatte ich noch an der mittleren Glasstange eine Vorrichtung mit einer gezähnten Stange angebracht, auf welcher die Magnetnadel stand, vermittelst welcher diese bald mit ihrer West-, bald mit ihrer Ostseite in jeder beliebigen Entfernung durch die leiseste Verrückung allmählig ihrer ganzen Länge nach an dem Schließungsdrathe hingeführt werden konnte. Zu den nachfolgenden Versuchen bediente ich mich einer, mit einem Agathhütchen versehenen, höchst empfindlichen Magnetnadel, die nur 24 Gran wog und eine Länge von 3″ 3‴ par. bey einer Breite von 1‴ hatte. Der kupferne Kasten hatte 11″ im Quadrat und eine Tiefe von 2″ 3‴ und war mit einer ziemlich gesättigten Salmiakauflösung gefüllt. Der lothrechte Schließungsdrath war ein Messingstreifen von 4¼‴ Breite und ½‴ Dicke.

A. 1) Die breite Seite desselben ging gerade von Osten nach Westen, die Nadel stand dicht hinter demselben, mit der Nordspitze gerade auf seine Mitte gerichtet. Bey aufwärts gehendem Strome bewegte sich die Nadel im Augenblicke der Schließung 180° nach Osten, oscillirte rückwärts über 90° nach Westen und kam, nach eben nicht sehr zahlreichen Oscillationen, etwa bey 45° östlicher Ablenkung zur Ruhe; wurde die Nadel dem östlichen Rande des Messingstreifens näher gebracht, so war die Ablenkung etwas geringer, und stand sie dem westlichen Rande näher, so war die Ablenkung etwas stärker, als in jener ersten Lage.

2) Die Nadel wurde nun am östlichen Rande des Messingstreifens vorwärts geschoben, so daß ihre Spitze der sehr schmalen nach Osten gekehrten Seite gegenüber stand, — immer noch war die Ablenkung östlich, oder scheinbare Abstoßung; bey allmähligem Vorwärtsbewegen der Nadel nahm aber die Ablenkung nach

Osten immer mehr ab, und als endlich die Nadel anderthalb Linien mit ihrer Spitze über den Schließungsdrath hinaus stand, hörte alle Ablenkung nach Osten auf, die Nadel zeigte ihre natürliche Richtung.

3) Bey weiterem Vorwärtsbewegen trat nun Ablenkung nach Westen oder scheinbare Anziehung ein, und diese wurde immer stärker, so wie die Nadel weiter vorwärts bewegt wurde, und schien ihr Maximum erreicht zu haben, als der Leitungsdrath seitwärts einem Puncte gegenüber stand, der etwa $\frac{2}{3}$ der Länge der einen Hälfte der Nadel von der Spitze abstand, nahm von da an bey weiterer Vorwärtsbewegung wieder ab, und ging wieder in vollkommene Ruhe über, als die Nadel mit ihrer Mitte dem Leitungsdrathe gegenüberstand.

4) Wurde die Nadel noch weiter vorwärts bewegt, so daß nun der Leitungsdrath an der Seite der Südhälfte stand, so stellte sich sogleich wieder Anziehung, d. h. Ablenkung des Südpols nach Westen (des Nordpols nach Osten), ein, die eben so, wie an der Nordhälfte, unter allmähligem Zunehmen bey leiser Vorwärtsbewegung der Nadel ihr Maximum an jenem Puncte erreichte, der etwa $\frac{2}{3}$ der Länge der Hälfte von der Südspitze abstand, dann wieder abnahm, bis zu jenem neuen Indifferenzpuncte, der etwa $1\frac{1}{2}$ Linien von der Spitze entfernt lag, wo die Nadel ihre natürliche Richtung zeigte, und dann

5) eben so bey noch weiterem Vorwärtsschieben in die entgegengesetzte Veränderung, also Ablenkung des Südpols nach Osten (des Nordpols nach Westen), oder Abstoßung überging, die auch noch zu bemerken war, als die Spitze bereits über diesen Rand hinausgeführt worden war.

B. Wurde derselbe Versuch an der westlichen Seite des Leitungsdrathes angestellt, oder befand sich dieser an

der Ostseite der Nadel: so waren alle Erscheinungen, als Phänomene der Ablenkung der Pole und der verschiedenen Puncte der Magnetnadel nach Osten oder Westen aufgefaßt, ganz dieselben, aber als Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen in Beziehung auf den Leitungsdrath verhielten sie sich auf eine entgegengesetzte Weise, denn die neben dem Leitungsdrathe befindliche Nordspitze, indem sie gleichfalls nach Osten abgelenkt wurde, wurde von dem Leitungsdrathe gleichsam angezogen, bey weiterem Vorwärtsschieben, wo die Ablenkung nach Osten in die nach Westen überging, abgestoßen.

C. Alle Erscheinungen in Beziehung auf Anziehung, Abstoßung, östliche oder westliche Ablenkung, blieben ganz unverändert für dieselben Puncte der Magnetnadel dieselben, als der Apparat um 180° gedreht wurde, so daß nun die entgegengesetzte Fläche des Messingstreifens in unmittelbare Wechselwirkung mit denselben Puncten kam. Man sieht aus diesem Versuche, verglichen mit der Umkehrung der Erscheinungen, wenn der horizontale Leitungsdrath oberhalb oder unterhalb der Magnetnadel hinging, daß diese Umkehrung nicht davon herrühren konnte, daß das eine Mal die obere, das andere Mal die untere Fläche des Leitungsdrathes zunächst auf die Magnetnadel wirkte, sondern vielmehr davon, daß die Magnetnadel selbst, in Beziehung auf den Leitungsdrath, die entgegengesetzten Flächen, das eine Mal nehmlich demselben zunächst ihre obere, das andere Mal ihre untere Fläche darbot. — Ein Fundamentalpunct für die Widerlegung mancher falschen Theorieen in Ansehung fixer elektrischer Axen u. s. w. des Leitungsdrathes.

D. Ich drehte den Apparat um einen Quadranten, so daß nunmehr der parallelepipedalische Schließungsdrath

sich mit seinen breiten Seiten in der Ebene des magnetischen Meridians befand, und brachte die Magnetnadel mit ihrem Nordpole dem hintern südlichen Rande (der hintern ganz schmalen Fläche) gegenüber; es fand (bey aufwärts gehendem Strome) die östliche Abweichung ganz so wie in A. 1. Statt, bewegte sich nun die Nadel längs der nach Osten gerichteten breitern Seitenfläche des Messingstreifens vorwärts, so dauerte die östliche Ablenkung oder Abstoßung fort, auch dann noch, als der unter A. 2. näher charakterisirte Indifferenzpunct zwischen Anziehung und Abstoßung der Mitte der breiten Seitenfläche gegenüber stand, und erst, als er über diese Mitte hinausgerückt war und beynahe dem vordern nördlichen Rande dieser Seitenfläche gegenüberstand, hörte die Ablenkung (Abstoßung) auf, die Magnetnadel zeigte ihre natürliche Richtung, und bey weiterem Vorwärtsschieben ging dann die östliche in die westliche Ablenkung, die Abstoßung in Anziehung über. An der nach Westen gekehrten breiten Fläche fand zwar dieselbe Art der Ablenkung Statt, die aber begreiflich, unter dem Gesichtspuncte der Anziehung und Abstoßung aufgefaßt, den entgegengesetzten Charakter nun hatte.

31. Uebersieht man diese verschiedenen Fälle, so erkennt man bald, daß das Verhalten einer Magnetnadel rings um einen lothrechten Leitungsdrath überall gleich ist, oder die Ablenkung um seine Peripherie herum stets nach einer und derselben Seite geschieht. Dieses interessante Verhältniß hat, so viel ich sehe, zuerst Poggendorf in seinem inhaltsreichen Aufsatze*) richtig bestimmt und daraus treffend einen Haupteinwurf gegen die Theorie fester mag-

*) Isis. 1821. I. 687.

netischer Axen des Leitungsdrathes hergeleitet. Mittelst eines Magnetstabs brachte er die Magnetnadel in solche Lagen, daß er außer den Puncten, mit welchen die Nadel schon nach ihrer natürlichen Stellung in Wechselwirkung gebracht werden kann, auch alle andere Puncte der Oberfläche prüfen konnte. Zur Vergrößerung der Oberfläche bediente er sich einer, in einer Glasröhre eingeschlossenen, lothrecht stehenden Quecksilbersäule, deren Durchmesser 6 Linien betrug. Da die Bezeichnungen der Ablenkungen durch östlich und westlich nicht für alle Azimuthe passend sind, so wählte Hr. P. die Benennung Rechts- und Links-Ablenkung, die dadurch eine bestimmte wird, daß man dabey den Pol, dessen Abweichung man bestimmen will, vom Ruhe- oder Drehungspunct der Magnetnadel aus betrachtet. Nach dieser Bestimmungsart ergeben sich nun allerdings für die beyden Pole entgegengesetzte Abweichungen, und zwar bey aufwärts gehendem Strome für den Nordpol (den Herr P. Südpol nennt) rechts, für den Südpol links, bey abwärts gehendem Strome umgekehrt für diesen rechts, für jenen links. Die Zeichnung, durch welche Herr P. dieses Verhalten erläuterte, ist interessant genug, indem sie bereits ein Umkreisen jedes Pols um den Querschnitt des lothrechten Schließungsdrathes, und zwar des einen von der Linken zur Rechten, des andern von der Rechten zur Linken darstellt. Doch ist diese Darstellung immer nur eine relativ wahre, denn verändert man den Standpunct der Beobachtung, indem man südlich hinter die Nadel sich gestellt denkt, mit dem Gesichte nach dem Nordpol gerichtet, so wird die Abweichung beyder Pole als gleichartig, rechts oder links, sich darstellen. Uebrigens übersah Hr. P. gänzlich das verschiedene Verhalten verschiedener Stellen der Nadel in dieser Hinsicht. In diesem entgegengesetzten Links- und Rechtsabweichen der beyden Pole findet er sogar ein Mittel, sich von der Güte, so wie von der in-

nern Organisation einer Magnetnadel (ob sie z. B. sogenannte Puncta consequentia hat) zu überzeugen.

32. Später lenkte er wieder die Aufmerksamkeit auf das, gleich anfangs von Oerstedt beobachtete, verschiedene Verhalten zweyer Puncte jeder einzelnen Hälfte der Magnetnadel zurück in einer Anmerkung zu einem Aufsatze von de la Rive*); aber besonders setzte Faraday dieses Verhältniß in ein helleres Licht in seinem an andern neuen merkwürdigen Erfahrungen so reichen Aufsatze**). Er stellte die Versuche auf eine ganz ähnliche Weise, wie ich sie oben beschrieben habe (30. A. B. C.), an. Er erläuterte auch dieses Verhalten verschiedener Puncte der Magnetnadel durch angemessene Figuren. Er beging aber dabey einen sehr auffallenden Irrthum, der sowohl in jenen Figuren, als in seiner Erklärung derselben liegt. Er behauptet nehmlich, daß die in Rücksicht auf ihre Lage einander correspondirenden Puncte der beyden Hälften der Magnetnadel gegen dieselbe Seite des Schließungsdrathes ein entgegengesetztes Verhalten, was nehmlich Anziehung und Abstoßung betrifft, haben, daß wenn man z. B. eine Magnetnadel, die seitwärts an einem Schließungsdrathe sich befindet, von ihrer Mitte aus so zurückziehe, daß der Nordpol allmählig näher kömmt, und bey einer gegebenen Richtung des elektrischen Stromes erst Anziehung der Nadel an dieser Seite Statt finde, die erst zu-, dann wieder abnehme, und endlich durch einen Indifferenzpunct hindurch in Zurückstoßung übergehe, die auch noch fortdauere, wenn die eigentliche Nordspitze sich schon etwas entfernt hat, dieselben Phänomene, wenn man die Nadel so vorwärts bewege, daß die Südspitze dem Schließungsdrathe immer näher kömmt,

---

*) Gilb. Ann. 1822. II. S. 121.

**) Gilb. Ann. 1822. II. 124.

die Phänomene gerade in der entgegengesetzten Ordnung auf einander folgen, für den angenommenen Fall nehmlich erst Abstoßung eintrete, die erst zu=, dann wieder abnehme und durch einen Indifferenzpunct hindurch sich in die entgegengesetzte Veränderung der Anziehung verwandle. Dieß besagen nicht bloß die Worte des Herrn Faraday, sondern setzen auch die von ihm gegebenen linearen Darstellungen außer Zweifel. Fig. 13 und 14 stellen nehmlich nach Faraday die correspondirenden Puncte der beyden Hälften der Magnetnadel dar, die bey gleicher Lage östlich oder westlich von dem Schließungsdrathe, je nachdem der Strom abwärts oder aufwärts geht, gleiche Anziehungs= und Abstoßungserscheinungen zeigen. Man sieht daraus, daß in Fig. 13 und 14 Beziehung auf dieselbe Lage a, a, a, a, hinter dem Schließungsdrathe, die wir die östliche nennen wollen, und b, b, b, b, vor dem Schließungsdrathe, welche dann die westliche ist, nicht die gleich gelegenen Puncte an den beyden Hälften der Nadel als dasselbe Verhalten der Anziehung und Abstoßung zeigend dargestellt sind, sondern die ungleich gelegenen. So werden für die östliche Lage in Fig. 13 die Südspitze und der nach der Mitte der Nadel hingelegene Punct der Nordhälfte, in Fig. 14 der nach der Mitte hingelegene Punct der Südhälfte und die Nordspitze, und eben so für die westliche Lage nicht die gleich, sondern die ungleich gelegenen Puncte als correspondirende abgebildet. Fig. 15 und 16 stellen dagegen das wirkliche Verhalten dieser Puncte dar, wo für jede östliche und westliche Lage die gleich gelegenen Puncte als sich in Rücksicht auf Anziehung und Abstoßung gleich verhaltende erscheinen. Nur dann, wenn man die Abweichung in der Declinations=Ebene nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche bloß auf den Nordpol bezieht, und nach dessen Bewegung als eine östliche oder westliche bestimmt, verwandelt sich die Ablenkung, wenn sie eine östliche war, im Falle

irgend ein Punct der Nordhälfte dem Schließungsdrathe gegenüber stand, in eine westliche, wenn der gleich gelegene Punct der Südhälfte gegenüber steht, wenn sie gleich für diesen an sich betrachtet gleichfalls eine östliche ist.

VII.
Allgemeines Schema für die Bestimmung dieser verschiedenen Arten der Bewegung der Magnetnadel.

---

33. Bey den wenigstens dem ersten Anscheine nach so mannichfaltig complicirten Erscheinungen, welche wir bis jetzt betrachtet haben, bey den nach den verschiedenen Umständen so merkwürdig wechselnden Declinationen, Inclinationen, Anziehungen und Abstoßungen, die in ihrem Ausdrucke selbst wieder so verschieden ausfallen, je nachdem man diese Bewegungen (z. B. die Declinationen) in einem oder anderm Sinne bestimmt, mußte gleich vom Anfange an ein lebhaftes Bedürfniß erwachen, eine gewisse Einheit in dieselbe zu bringen, ein gewisses Princip festzusetzen, aus welchem sie für jeden gegebenen Fall leicht abzuleiten wären, das, gleichsam ein ariadnischer Faden, durch dieses Labyrinth sicher hindurchführte, ein Schema, nach welchem sie in einer Anschauung a priori leicht zu construiren wären. Bey der ersten Ansicht ergab es sich sogleich, daß diese Erscheinungen, ihrer Art nach, d. h. diese Bewegungen, ihrer Richtung und ihrem Charakter nach, eine besondere Beziehung der einzelnen sogenannten elektrischen Pole der Säule oder einfachen Kette auf die einzelnen magnetischen Pole anzeigten, daß ferner von den Seiten oder Flächen der derselben polarischen Einwirkung ausgesetzten Magnetnadeln

oder Stäbe, auf welche die elektrischen Pole unmittelbar wirkten, der obern, untern, westlichen, östlichen, die Erscheinungen ihrem Gehalte nach wesentlich abhingen. Das Oben und Unten, das Rechts und Links schien hier mehr, als in irgend einem andern Phänomene, seine Kraft und Bedeutung zu äußern. Oersted, der in allen seinen Ansichten dem Dualismus zugethan ist, suchte vorzüglich ein allgemeines einfaches Gesetz für die Wechselwirkung der Pole aufzustellen. Aus seinen allgemeinen Formeln ergab sich als sehr wichtiges Resultat, daß derselbe elektrische Pol, gegen jeden magnetischen Pol für sich betrachtet, dasselbe Verhältniß habe, dieselbe Art der Ablenkung in der Horizontal-, so wie in der Vertical-Ebene, und dieselbe Art der Wirkung in Rücksicht auf Anziehung und Abstoßung ausübe. Dabey nahm er in seine Formeln noch das Verhältniß des Oben und Unten, des Rechts und Links auf. Diesem nach lautet seine Formel so:

Der Pol, über welchem die negative Elektricität eintritt, wird nach Westen, unter welchem sie eintritt, nach Osten abgelenkt; der Pol, neben welchem die negative Elektricität eintritt, wird herabgedrückt, wenn der Verbindungsdrath auf seiner Westseite, und gehoben, wenn er auf seiner Ostseite sich befindet; endlich von dem lothrechten Drathe wird der Pol, der sich diesem gegenüber befindet, ostwärts abgelenkt, wenn die negative Elektricität von oben eintritt, ein Punct dagegen zwischen dem Pole und der Mitte der Magnetnadel, der sich seitwärts befindet, nach Westen. Diese Formeln waren indessen weit entfernt, ein gleichförmiges Princip für alle Fälle aufzustellen, außerdem umfaßten sie nicht alle Fälle, namentlich nicht diejenigen, wo die positive und negative Elektricität von den beyden Polen gleich weit entfernt eintreten, also in Beziehung auf dieselben ihre Wirkung wechselseitig aufgehoben werden mußten, namentlich den Fall, in welchem der Verbindungsdrath quer

über oder unter der Magnetnadel weggeht, wo offenbar nach jenen Formeln gar keine Bewegung erfolgen mußte, da doch in der einen Lage die Nadel ganz umgekehrt wird.

34. Ein großes Verdienst Ampères und Gilberts ist es, gleich vom Anfange an ein Schema uns an die Hand gegeben zu haben, das alle Fälle unter einen einfachen und gleichförmigen Gesichtspunct brachte und den Weg unmittelbarer zu einer hypothetischen Erklärung bahnte, die selbst wieder auf neue wichtige Erfahrungen hinleitete. Beyde Physiker bezogen nehmlich diese Bewegungen auf die Richtung des elektrischen Stromes und zwar des positiven im engern Sinne (s. o.). Ampère hat sein Schema zunächst nur zur Orientirung über die Bewegungen der Declinationsnadel, die durch einen mit ihr in paralleler Richtung sich bewegenden elektrischen Strom (für den stets der Leiter als der räumliche Repräsentant zu betrachten ist) veranlaßt werden. Er drückte sich in dieser Hinsicht folgendermaßen aus*): „Wenn von diesen beyden Körpern (einem Magneten und einem geradlinigen Leiter eines elektrischen Stromes) der eine fest, der andere beweglich, jedoch bloß in einer auf die kleinste Entfernung des Leiters von der Axe des Magnets senkrechten Ebene drehbar ist, so strebt der bewegliche sich so zu drehen, daß der Leiter und die Axe des Magnets mit einander rechte Winkel machen, und daß der sonst nach Norden weisende Pol des Magnets zur Linken von dem ist, was man gewöhnlich den Galvanischen Strom nennt, der entgegengesetzte Pol aber sich zur Rechten von diesem Strome befindet, wobey vorausgesetzt wird, daß die Linie, welche die kürzeste Entfernung des Leiters von der Axe des Magnets mißt, diese Axe zwischen den beyden Polen durchschneide.“ In dieser Formel findet sich indessen eine Unbestimmtheit,

*) Gilb. 1821. I. 138.

da das Rechts und Links bey derselben Richtung des elektrischen Stromes eine ganz entgegengesetzte Bedeutung hat, je nachdem der Strom über oder unter der Nadel hinfließt. Dieser Unbestimmtheit hat Gilbert durch eine umfassendere Formel abgeholfen *): „Denkt man sich eine menschliche Figur an der Stelle des geradlinigen Leiters mit dem Kopfe nach der Seite zugekehrt, nach welcher sich der Strom den Drath entlang bewegt, und das Gesicht nach dem Nordpol der Nadel zugewendet, so geht der Nordpol stets nach der linken Seite des Menschen, d. h. wird stets nach dieser Seite abgelenkt, oder sucht in diese Richtung zu kommen.“ Die Tendenz der Nadel und die davon abhängige jedesmalige Stellung würde noch genauer dargestellt worden seyn durch den Ausdruck: die Nadel strebe mit dem Nordpol links gekehrt stets in die Lage gegen die menschliche Figur, die in der Richtung des elektrischen Stromes den Kopf vorwärts vorgestellt wird, zu kommen, welche der gerade ausgestreckte, also mit dem Körper selbst einen rechten Winkel machende Arm hat. Auch liegt eine kleine Zweydeutigkeit in dem Ausdruck: das Gesicht nach dem Nordpol gerichtet, da damit nur eigentlich angezeigt werden sollte, daß die Vorderseite des Körpers nach der Magnetnadel zugekehrt gedacht werden solle. Sehr lehrreich entwickelt Hr. Gilb. und wendet er seine Formel auf die Bestimmung aller Lagen der Nadel an. Er macht besonders darauf aufmerksam, daß sich in den Bewegungen der Nadel Alles nach dem Uebereinstimmenden oder Entgegengesetzten in der Lage derselben gegen den elektrischen Strom richte, und in Beziehung auf die Bewegung der ganzen Nadel gedacht sich stets die Bewegungen umkehren oder entgegengesetzt werden, wenn der Strom oder die Nadel nach ihrem Oben und

---

*) Gilb. Ann. 1820. III. 352.

Unten, nach ihrem Rechts und Links sich umkehren. Er hat besonders noch dieses Gesetz der Linksablenkung durch einen artigen Versuch erläutert, der zugleich das Streben der Nadel, sich unter einen rechten Winkel gegen den Strom zu stellen, anschaulich macht. Er hatte aus einem Messingdrathe einen Kreis, der die Länge der Nadel zum Durchmesser hatte, bilden lassen, er stand auf isolirenden Füßen fest, war an einer Seite offen, und hatte hier zwey geradlinige Arme. Als die Nadel mit der Spitze, auf welcher sie schwebte, im Mittelpuncte gestellt war, so daß beyde Pole dicht über oder unter dem Drathe schwebten, ließ er den elektrischen Strom von dem einen geradlinigen Arme durch den Kreis in den andern sich ergießen. Bey beyden Stellungen der Nadel oberhalb und unterhalb blieb sie in vollkommener Ruhe, und wich weder nach Osten noch nach Westen ab. Da die Kreislinie auf alle Halbmesser senkrecht steht, so fiel bey dieser Anordnung das Links von dem elektrischen Strom stets in die magnetische Abweichungslinie selbst, gab also, der angegebenen Regel zufolge, für diesen Fall unveränderten Stand der Ruhe.

35. Dieselbe Regel gibt nun auch alle Inclinationsbewegungen, die dann eintreten, wenn die Nadel parallel mit dem Leitungsdrathe in derselben Horizontalebene (neben demselben) sich befindet. Herr Gilbert bemerkt in dieser Hinsicht (S, 356. a. a. O.), daß das Links dann in eine lothrechte Linie durch den Nordpol fällt, und entweder nach oben gerichtet ist, was sich in Hebung des Nordpols ausspricht, oder nach unten, was als Niederdrückung des Pols erscheint. Zur größeren Deutlichkeit bemerke ich noch, daß man sich in diesem Falle jene hypothetisch angenommene menschliche Figur gleichsam seitwärts in dem Leitungsdrathe gelegen denken muß, mit dem Kopfe stets dahin, wo der Strom sich hinbewegt und mit der Vorderseite (dem Gesichte nach Gilbert) nach der Nadel, also in diesem Falle nach ihrer West-

oder Ostseite gerichtet. Nur in der Bestimmung der durch den lothrechten Leitungsdrath bewirkten Ablenkungen, die zugleich als Anziehungen und Abstoßungen betrachtet werden können, findet meiner Meinung nach eine unüberwindliche Schwierigkeit Statt. Wenn in dem lothrechten Leitungsdrathe der Strom aufwärts geht, und der positive oder negative Pol der in der Declinationsebene schwebenden Nadel demselben gegenübersteht, so deutet allerdings das Links für den Nordpol in dem ersten Falle nach Osten, in dem zweyten nach Westen, nun denke man sich aber die Nadel seitwärts neben einem cylindrischen lothrechten Leitungsdrathe gestellt, so daß eine auf den magnetischen Meridian senkrechte Ebene diesen durchschneide, und an die vordere Spitze streife, oder auch etwas hinter derselben die Nadel durchschneide, so müßte consequent mit der Regel die menschliche Figur so gestellt gedacht werden, daß ihr ausgestreckter linker Arm gerade mit der natürlichen Richtung der Magnetnadel zusammenfiele, und also keine Ablenkung erfolgte. Dieß wird auch von Herrn Gilbert an dem angeführten Orte behauptet, ist aber durchaus der Erfahrung widersprechend.

In dem Fall, daß der Leitungsdrath die Richtung der Inclinationsnadel hat, wohin die unter 25. erzählten Versuche gehören, gibt die Regel für die von Hrn. Gilb. angeführten Bestimmungen unter 1) eine Erhebung des Nordpols der Nadel, oder eine verminderte Inclination, wie auch Erman und ich sie fanden, so daß ich hierin einen neuen Grund für meine Meinung finde, daß eine Irrung von Seiten des Herrn Prof. Gilb. vorgefallen sey, der nehmlich **vermehrte** Inclination gefunden haben will.

Ein noch allgemeineres Schema, um nicht bloß die angezeigten Bewegungen der Magnetnadel, sondern überhaupt alle elektrisch-magnetischen, ja alle magnetischen Vorgänge für jeden gegebenen Fall vorauszubestimmen, hat später Hr. Ampère in jenem allgemeinen Gesetze, daß gleich-

laufende elektrische Ströme sich anziehen, in entgegengesetzter Richtung sich bewegende dagegen abstoßen, unter Zuziehung einer hypothetischen Vorstellung von der Richtung der elektrischen Ströme der Magnete aufgestellt, von welchem jedoch erst weiter unten die Rede seyn kann.

VIII.

Nähere Würdigung der Umstände, welche auf die Größe der bisher betrachteten elektrisch-magnetischen Bewegungen Einfluß haben. Beziehung dieser Umstände auf die Stärke des elektrischen Stromes.

36. Eine große Anzahl von Versuchen ist bekanntlich in der Sphäre des Galvanismus angestellt worden, um die Quelle der Elektricität zu bestimmen, welche durch geschlossene Ketten und Säulen in Bewegung gesetzt wird, und dadurch diesen geheimnißvollen Vorgang in ein helleres Licht zu setzen. Man hat hierbey verschiedene Reagentien angewandt, um die Stärke dieses Stromes zu messen. Vorzüglich bediente man sich des Wasserzersetzungs-Apparats, um in der Menge des in einer gegebenen Zeit entwickelten Gases diese Stärke abzulesen. Auch anderweitige chemische Veränderungen, gewisse Zersetzungen, ob sie eintraten oder ausblieben, gewisse physische Wirkungen, besonders die erzeugte Wärme, die Stärke des Glühens von feinen Metalldräthen, die Längen solcher Dräthe, die zum Glühen gebracht werden konnten, wurden als Maßstab gebraucht. In der Größe und Art dieser Veränderungen offenbarten sich gleichsam alle der unmittelbaren Beobachtung verborgen blei-

benden Modificationen des elektrischen Stromes, wie sie der Idee eines Stromes gemäß möglicher Weise existiren konnten, und die Gesetze, nach welchen diese Modificationen durch die mannichfaltigen Abänderungen in der Construction der Apparate selbst bestimmt wurden. Es zeigte sich hierbey besonders auffallend der verschiedene Einfluß, welchen einerseits die Vermehrung der Elemente der Apparate, die Vervielfachung der Plattenpaare, andrerseits die Vermehrung der Oberfläche der einzelnen Plattenpaare hatte. Man erkannte, daß die Zunahme der elektrischen Spannung durch Vervielfachung der Abwechslungen nicht in gleichem Verhältnisse, wie die Zunahme der Leitung durch Vermehrung der Oberfläche, die Intensität des elektrischen Stromes vermehre, und daß die großen Kastenapparate, welche die Anwendung eines sowohl durch elektrische Leitungsfähigkeit, als auch durch chemische Wirkung, welcher man hierbey einen Haupteinfluß zuschrieb, kräftigen feuchten Zwischenleiters erlaubten, vorzüglich geeignet waren, sowohl die physischen Wirkungen der Wärme- und Lichterzeugung, als auch die chemischen Zersetzungen immer weiter zu treiben, und auch die, durch die mächtigste Verwandtschaft gebildeten und bestehenden Zusammensetzungen der zersetzenden Kraft der Elektricität zu unterwerfen. Die Entdeckung des Elektromagnetismus hat uns nun ein neues unschätzbares Reagens geliefert, das, sowohl an Empfindlichkeit, als an Genauigkeit, als Maßstab betrachtet alle früher angewandten weit übertrifft, und daher zur Wiederholung jener früheren Versuche von allen Seiten angewandt wurde, um einerseits neues Licht über die Quellen der Elektricität, welche sich aus jenen Apparaten ergießt, zu verbreiten, andrerseits es zur Entscheidung zu bringen, ob die magnetischen Wirkungen der Galvanischen Elektricität in ihrer Stärke denselben Gesetzen folgten, wie die physischen, chemischen und physiologischen Wirkungen derselben. Folgende Hauptgesichtspuncte sind

es, unter welche sich die große Mannichfaltigkeit der in dieser Hinsicht angestellten Versuche zur leichtesten Uebersicht und fruchtbarsten Anwendung bringen läßt: 1) welchen Einfluß hat die verschiedene Beschaffenheit der Voltaischen Apparate auf die Größe und Art jener Bewegungen. 2) In welchem Verhältnisse steht insbesondere der in den Voltaischen Apparaten in verschiedenem Grade Statt findende chemische Proceß zu der Art und Größe der magnetischen Bewegungen. 3) Welchen Einfluß hat die verschiedene Beschaffenheit des Leiters, durch welchen die Elektricität strömt, und von welchem zunächst die Wirkung auf die Magnetnadel ausgeht, auf die Art und Größe der magnetischen Bewegungen. 4) Was hat insbesondere die Erfahrung über die Verstärkung der Wirkung durch einen mehrmals in sich zurückgewundenen, mit einer isolirenden Hülle umgebenen Leiter, den sogenannten Condensator oder Multiplicator des Elektromagnetismus, gelehrt.

A.

Einfluß der verschiedenen Beschaffenheit der Galvanisch-elektrischen Apparate auf die Größe und Art der magnetischen Bewegungen.

---

37. Oersted hatte seine Entdeckung bey Anwendung eines sehr mächtigen Voltaischen Kastenapparats gemacht, und wir haben oben schon bemerkt, daß er nur von einem sehr mächtigen, bis zu starkem Erglühen des Leitungsdrathes gesteigerten Conflicte der elektrischen Kräfte eine magnetische Wirkung erwartete. Indessen fand man bald, daß auch ein einfaches Galvanisches Element von gehörig großer Ober-

fläche der Plattenpaare schon hinreiche, um diese elektrisch-magnetischen Erscheinungen auffallend darzustellen. Schweigger wandte zuerst zu diesem Behuf ein einzelnes Plattenpaar von Zink und Kupfer an, das an den entgegengesetzten Enden eines Claviedraths, der über die Magnetnadel hinging, angelöthet in eine mit Ammoniak geschärfte Salmiakauflösung eintauchte, und fand es selbst stärker wirkend, als eine Voltaische Säule von 60 und mehr 1½ zolligen Platten*). Ueberhaupt wiesen bald alle Versuche darauf hin, daß es nicht auf die Größe der elektrischen Spannung des Voltaischen Apparats, sondern vorzüglich nur auf die Güte der Leitung und auf die vorzüglich davon abhängige Menge von Elektricität, die in einer gegebenen Zeit durch den Leiter hindurchströmt, ankomme. Daher zeigten sich die sogenannten trockenen Zambonischen Säulen durchaus unwirksam. Yelin konnte durch dergleichen von 11000 Scheiben von 8‴ Durchmesser in einer sehr empfindlichen Nadel nicht die geringste Schwankung hervorbringen. Er bemerkte auch gleich, als Einer derjenigen, die Oersteds Versuche zuerst wiederholt hatten, daß eine Säule von 50 Paaren keine bedeutend größere Elongation gab, als eine von 10 Plattenpaaren, dagegen schien ihm die Vergrößerung der Platten die Wirkung fast im geraden Verhältnisse der Flächengröße zu verstärken**). Interessant wegen ihrer Genauigkeit sind in dieser Hinsicht Schmidts Versuche ***). Drey kupferne Kasten, jeder 5 Zoll ins Gevierte, und einen Zoll weit mit schwefelgesäuertem Wasser (1 : 60) gefüllt, so verbunden, daß die äußeren Flächen aller kupfernen Kasten unter sich,

---

*) Götting. gel. Anz. vom 23. Oct. 1820. S. 1709. Vgl. auch dessen Journal I. 1.

**) Gilb. 1820. III. 324.

***) Gilb. 1822. I. 236.

so wie die eingehängten Zinkplatten gleichfalls mit einander in leitender Verbindung standen, und also nur ein einfaches Element bildeten, gaben 50° Abweichung der Magnetnadel, aber so mit einander verbunden, daß sie nach Art eines Zellenapparats eine Voltaische Batterie bildeten, gaben zwey derselben 31° Grad Ablenkung, und alle drey nur 18—20°, während ein einzelner Kasten doch schon 17° gab. Dasselbe Resultat, daß die Menge der Abwechslungen dem Effect auf die Magnetnadel vielmehr hinderlich werde, bestätigen auch sehr auffallend Schraders Versuche*). Fünf Plattenpaare von 3½″ Quadrat, von denen jedes einzelne mit Hülfe des Multiplicators die Magnetnadel 25° abweichen machte, brachten, zu einer Säule mit einander verbunden, die Abweichung nicht weiter, als bis 27°, während zwey so mit einander verbunden, daß sie nur ein einziges Element von doppelter Oberfläche bildeten, 35°, drey eben so verbunden, 37°, vier 40°, und endlich alle fünf auf diese Weise zu einem Plattenpaare mit fünffacher Oberfläche verbunden, 43° Abweichung bewirkten. Aehnliche von mir angestellte Versuche werde ich unter der Rubrik des Multiplicators anführen. Auch Davy fand in mehreren Versuchen, daß dieselbe Größe der Berührungsfläche des feuchten Leiters mit den metallischen Elektromotoren einen viel größern Effect in wenigeren Abwechslungen (indem zwey, drey Elemente zu einem einzigen verbunden wurden), als in mehrere Elemente vertheilt, hervorbrachte**). Eben so brachte in den elektromagnetischen Versuchen des Herrn van Beeck in Utrecht***) ein mächtiger Wollastonscher Trogapparat von 120 Plattenpaaren, dessen Zinkplatten zusammengenommen eine Ober=

---

*) Dissertatio etc. S. 26.

**) Gilb. 1822. II. 23.

***) Gilb. 1821. III. S. 209.

fläche von etwas über 11 Quadratfuß hatten, und der die Kohle auf das glänzendste verbrannte, bey weitem keine so starke Wirkung auf die Magnetnadel hervor, als ein einziges solches Plattenpaar, dessen Oberfläche etwa 3½ Quadratfuß betrug, und als von jenem Apparate nur so viel Platten in Thätigkeit gesetzt wurden, daß die Summe der Zinkflächen gleich kam der Oberfläche der Zinkplatte des letztern, so lenkten die Schließungsdräthe beyder eine unter dieselbe in gleichen Abstand gestellte Magnetnadel jener nur um 12°, dieser um 60° ab.

Man sieht aus allen diesen Versuchen, daß die Größe der elektro-magnetischen Thätigkeit wesentlich von der Intensität des elektrischen Stromes abhängig ist, d. h. von der Menge der elektrischen Flüssigkeit, welche in einer gegebenen Zeit durch den Leitungsdrath hindurchströmt, welche Menge nicht von der Spannung, womit im ersten Augenblicke die Pole des Apparats, sondern von der Größe der Leitung, welche derselbe gewährt, abhängt, welche Größe der Leitung gerade durch diejenigen Umstände vermindert wird, welche die Spannung wachsen machen, namentlich durch die Vervielfältigung der Abwechslungen u. s. w. Da mit der Zunahme der Oberfläche der Platten und des Zwischenleiters auch die wärmeerzeugende Kraft zunimmt, weßwegen solche großplattige Apparate in neuern Zeiten auch Calorimotoren genannt worden sind, so könnte man fragen, ob die Erregung des Magnetismus mit der Erregung der Hitze gleichen Schritt halte. Dieß scheint allerdings durch Davys Versuche angedeutet zu werden. So weit in derselben die Hitze des Leitungsdrathes noch zunahm, nahm auch seine magnetische Kraft (nach der Wirkung auf die Magnetnadel, der Anziehung von Eisenfeile u. s. w. beurtheilt) noch zu, und ein dünner Platinadrath, der durch drey mächtige Batterien so heftig glühend gemacht wurde, daß er nahe am Schmelzen war, zeigte die stärksten magnetischen Wir-

kungen, zog namentlich Stahlnadeln aus einer bedeutenden Entfernung an*). Jener mächtige Apparat der holländischen Physiker, der durch Aufrollung zweyer Platten in Form einer Spirale zu Stande gebracht wurde, dessen Messingplatte ohngefähr 15′ Länge und 1, 3′ Breite, die Zinkplatte etwas über 12′ Länge hatte, welche Metallplatten von nicht ganz 32 Quadratfuß in ein hölzernes Gefäß von nicht ganz 13½″ Durchmesser, das mit säuerlichem Wasser gefüllt war, eingetaucht wurden, zersetzte zwar das Wasser nicht, zeigte auch keine anderweitigen chemischen Wirkungen, machte aber den messingenen Schließungsdrath merklich warm, brachte einen ⅙ Millimeter dicken Platinadrath augenblicklich zum Rothglühen, und zugleich zeigte sich jener messingene Schließungsdrath so auffallend magnetisch, daß er Eisenfeile anzog und trug.

Noch wurden von den Physikern die noch in so manchen andern Hinsichten, als bloß nach der Oberfläche und der Zahl der Abwechslungen, abzuändernden Galvanisch-Voltaischen Apparate nach dem Einflusse dieser Abänderungen auf die magnetische Thätigkeit des Leitungsdrathes untersucht, wobey sich die Magnetnadel besonders mit Hülfe des Multiplicators (s. u.) durch die Größe und die Art ihrer Ablenkung (ob westlich oder östlich) zugleich als das empfindlichste Reagens für die Stärke des elektrischen Stromes und für die Richtung desselben und eben damit für die polare Beschaffenheit der jedesmaligen Elektromotoren ergab. Hierher gehören namentlich Schraders Versuche über die verschiedene magnetische Wirkung der, von Schweigger schon früher nach ihrer chemischen Wirksamkeit geprüften, mannichfaltigen Galvanischen Combinationen aus Zink und Kupfer, deren Resultat dahin ausfiel, daß, in Rücksicht auf

*) Gilb. Ann. 1822. II. S. 28.

dieselbe, beyde Prüfungsmittel einerley Sprache führten. Besonders hat man diese Versuche benutzt, um das relative elektrische Verhalten der Metalle und verschiedener Flüssigkeiten gegen einander zu bestimmen. Yelin*) prüfte sogleich vom Anfange das Verhalten von Galvanischen Ketten aus bloß einem Metalle und zwey Flüssigkeiten, namentlich Salmiak und Ammoniak, indem er von zwey Zink- oder zwey Kupferplatten, welche an den Enden des Leitungsdrathes sich befanden, jede erst abgesondert für sich, die eine in Salmiak-, die andere in Ammoniakflüssigkeit eintauchte, und nun die eine oder die andere aus ihrer Flüssigkeit herauszog und zu der andern in ihre Flüssigkeit hineinhing, wo sie dann wenigstens im ersten Augenblicke mit der Schichte der Flüssigkeit, die sie mit sich brachte, wirkte, und in allen diesen Fällen also eine geschlossene Kette aus Kupfer (Zink) Ammoniakflüssigkeit (Salmiakflüssigkeit) Salmiakflüssigkeit (Ammoniakflüssigkeit) und Kupfer (Zink) gebildet wurde, deren elektrischer Strom durch den Drath ging (wo wir uns nur an die physiologischen, chemischen und elektrischen Reactionen halten mußten). Auch in diesen Versuchen, wo doch einerley Metall angewandt wurde, zeigte es sich, daß, um die größtmögliche Leitung hervorzubringen, die Berührungsfläche derjenigen Metallplatte, welche hier die Rolle des negativen Elektromotors übernommen, oder in welche nach unsrer bildlichen Darstellung die Elektricität von der Flüssigkeit aus einströmte, mit der Flüssigkeit größer seyn mußte, als die Berührungsfläche der andern Metallplatte, welche die Rolle des positiven Elektromotors spielte. Räthselhaft bleibt aber die Umkehrung der elektrischen Polarität der Metallplatten, welche durch die Umkehrung der Richtung des elektrischen Stroms und der Verwandlung der östlichen in eine westliche Ablenkung angezeigt wurde, je nachdem die

*) Gilb. Ann. 1820. III. 400.

Metallplatte bloß mit einer dünnen Schichte der Flüssigkeit, womit sie eben nur benetzt war, oder mit der ganzen Masse derselben in dem Gefäße zusammenwirkte. Wie weit die Reaction der Magnetnadel benutzt wurde, um die Spannungsreihe der Elektromotoren der ersten Classe noch genauer wie bisher zu bestimmen, darauf werde ich noch beym Multiplicator zurückkommen. Voltaische Säulen, in welchen statt einer mit Salmiakauflösung getränkten Pappscheibe zwey genommen und dazwischen eine Silber- oder Goldmünze mit recht trockenem Rande interpolirt wurde, und welche, nach Jägers Behauptung, selbst bey 40 Abwechslungen nicht die geringste chemische Wirkung, weder polare (durch die Gaszersetzungsröhre untersucht), noch centrale geben soll*), gaben zwar bey der Kleinheit der Gold- und Silbermünzen, die ich hierbey nur anwenden konnte, für sich allein keine merkliche Wirkung auf die Magnetnadel, dagegen sehr auffallend mit Hülfe des Multiplicators (s. u.)**).

*) Vgl. Gilb. Ann. 1806. XXIII. 77.

**) Diese merkwürdige Jägerische Säule, wo jeder feuchte Leiter aus zwey nassen Blättern besteht, zwischen welche ein am Rande völlig trockenes Goldstück eingeschoben wird, wodurch bey unverändert bleibender Spannung der elektrische Strom eben so sehr retardirt wird, wie in einer trockenen Zambonischen Säule, indem auch bey 40 Abwechslungen sich nicht die mindeste Spur von Gasentwicklung zeigte, und reagirende Pflanzenpapiere nicht anders verändert werden, als wenn sie mit einer Zinkplatte allein in Berührung kommen, ist für die Theorie des Vorgangs in der Voltaischen Säule allerdings noch ein sehr räthselhaftes Phänomen, und ist nur aus demselben Principe, wie die Rittersche Ladungssäule, damit in Einklang zu bringen, daß man nehmlich die einander aufhebenden entgegengesetzten elektromotorischen Wirkungen des Alkalis und der Säure, womit die beyden Flächen der Goldmünze gleichsam belegt werden, berücksichtigt.

B.
Einfluß des chemischen Processes in den Galvanisch-Voltaischen Apparaten auf die magnetische Wirksamkeit derselben.

---

38. Ich betrachte dieses Verhältniß unter einer eigenen Rubrik, weil mehrere Physiker in dieser neuen Entdekkung einen besondern und genauern Zusammenhang zwischen dem Chemismus und Magnetismus erkannt haben wollten, so daß man sich sogar im Anfange hier und da des Ausdrucks: „chemischer Magnetismus“ zur Bezeichnung dieser Phänomene bediente. Zunächst würde sich auch hier Alles auf das Verhältniß des chemischen Processes, welcher unzertrennlich von der Wirksamkeit einer einfachen Galvanischen Kette oder eines Voltaischen Apparats ist, zu der Stärke des elektrischen Stroms, oder um allen Parteyen, was den Ausdruck betrifft, zu genügen, zu der Stärke des elektrischen Conflictes in dem Verbindungsdrathe zurückführen lassen. Schon aus diesem Standpuncte flößt diese Untersuchung ein eigenes Interesse ein, da wir vielleicht an der Magnetnadel ein viel empfindlicheres Reagens, als alle bisherigen, entdeckt haben, durch das wir den genauen Zusammenhang zwischen diesen beyden Vorgängen nachweisen können. Wenn nur die auf chemische Weise erregte (oder wenigstens nur unter Begleitung chemischer Processe auftretende) Elektricität, die im engern Sinne sogenannte Galvanische, die Kraft hätte, bey ihrem Durchströmen durch Leiter, die Form der magnetischen Thätigkeit anzunehmen, oder überhaupt Magnetismus hervorzurufen, so würde man allerdings berechtigt seyn, den so erzeugten Magnetismus einen chemischen zu nennen, und sich genauer nach dem Bande, welches Che-

mismus und Magnetismus so innig mit einander verknüpft, umzusehen. Indessen werden wir weiter unten sehen, daß auch die gewöhnliche Maschinenelektricität, welche wenigstens im engern Sinn des Worts nicht als chemisch erzeugt angesehen werden kann, unter günstigen Umständen ähnliche magnetische Verhältnisse, wie die Galvanische Elektricität, zeigt. Wenn daher der chemische Proceß mit dem Magnetismus zusammenhängt, so würde es nur durch den elektrischen Proceß seyn, den er erregt, und die Entscheidung dieser Sache gehört also mehr in die Lehre des Galvanismus, als des Elektromagnetismus. Da sie jedoch auf dem Gebiete des erstern immer noch streitig geblieben ist, so scheint es nicht unpassend, die neuen Erfahrungen hier kurz zusammenzustellen, zu welchen die Entdeckung des Elektromagnetismus Aufforderung und Veranlassung war, von welchen aus dieser für die Theorie so wichtige Punct einige neue Aufklärungen erhalten hat.

39. Poggendorf hat vorzüglich aus diesem Gesichtspuncte eine große Reihe von Versuchen angestellt, die dadurch interessant sind, daß er durch Hülfe des Multiplicators in den Bewegungen der Magnetnadel elektrische Ströme und die verschiedenen Nuancen ihrer Stärke noch darstellte, welche weder chemische, noch anderweitige physische Wirkungen mehr anzeigten. Er fand, daß die Schichtung mit Pappe oder Tuchscheiben bey weitem den Vorzug vor dem Trogapparat verdiene, daß wenigstens die Wirkung auf die Magnetnadel viel anhaltender sey. Er findet den Grund davon vorzüglich in dem Drucke, der hierbey mitwirke und eine innigere Berührung zwischen den Platten und dem feuchten Leiter bewirke. Daß diese innige Berührung den größten Einfluß habe, lehrten mich meine Versuche vielfältig, und sehr oft konnte ich durch starkes und dabey gleichförmiges Andrücken die Ablenkung auf das Doppelte treiben. War aber der Druck ungleichförmig, so daß dadurch

vielmehr mehrere Puncte wieder außer Berührung kamen, so nahm die Abweichung der Magnetnadel vielmehr wieder ab. Mäßige Befeuchtung der Tuchscheiben mit der Salmiakauflösung fand er auch wirksamer, als die völlige Sättigung derselben. Schwefelsäure als feuchter Zwischenleiter gab bey verschiedenen Graden der Concentration folgende Abweichungen:

Schwefelsäure von 184°	— — —	5°
—	mit gleichen Theilen Wasser verdünnt — —	45°
—	mit zwey Theilen Wasser —	60°
—	mit vier — — —	50°
—	mit acht — — —	45°

Alles bey Anwendung eines Multiplicators von 100 Windungen.

Salpetersäure überstieg nicht die Schwefelsäure, und die Wirkung schien daher nicht im Verhältnisse mit dem überaus heftigen Angriffe des Metalls zu stehen. Die Lösungen der andern Salze, namentlich des Kochsalzes, Alauns, standen dem Salmiak nach, dessen Auflösung selbst stärker, als die Schwefelsäure wirkte. Den entscheidendsten Beweis für den Einfluß des chemischen Processes fand P. in dem Versuche, daß eine Auflösung des salzsauren Kupfers im absoluten Alcohol keine Abweichung gab, einige Tropfen Wasser hinzugesetzt sogleich die Fällung des Kupfers durch Zink, und auch in demselben Augenblicke Abweichung der Nadel bewirkten. Ein anderes Beyspiel von der hohen Bedeutung des chemischen Processes bey der Erzeugung des Magnetismus (richtiger des den Magnetismus erregenden elektrischen Stromes) war, daß bey Anwendung von Kupfer und Silber und einer Salmiaklösung als Zwischenleiter, welche diese Metalle nur wenig (?) angreift, die Abweichung der Magnetnadel nur sehr gering war, dagegen auf das Doppelte bey Anwendung des rothen schwefelsauren

Eisens stieg, das bekanntlich (?) das Silber sehr angreift. Es fand keine Abweichung Statt, sobald das leitende Wasser zu Eis erstarrte, — eben so, wenn die Zelle mit flüssigem Schwefel, flüssigem Phosphor, Libavs Geist oder Quecksilber gefüllt ward. Daß concentrirte Schwefelsäure eine drey Mal schwächere Wirkung zeigte, als Wasser, ohngeachtet sie ein viel besserer Leiter der Elektricität als dieses ist, beweise zur Genüge, daß der magnetische Act der Säule von dem darin aufgeregten chemischen Processe bedingt werde. Seebeck*) findet einen entscheidenden Beweis von der Einwirkung der chemischen Action auf die magnetische Spannung im schließenden Drathe in folgendem Versuche. Eine Kupferzelle mit einer in der Mitte in einem starken und bügelförmig gebogenen Metalldrathe schwebenden Zinkplatte, gefüllt mit 336 Cubikzoll Wasser, welchem nach und nach Schwefelsäure von 1,845 sp. Gew. zugegossen wurde, gab folgende Declinationen an der innerhalb des Bügels stehenden Declinatiosnadel:

Wasser.	Schwefelsäure.	Declination.
336 Cubikzoll	keine	5°
— —	1 Cubikzoll	53°
— —	2 —	63°
— —	3 —	70°

und so fort zunehmend, bis bey 28 Cubikzoll Schwefelsäure die Abweichung 85½° erreicht hatte. Concentrirte Schwefelsäure (sagt S.) wirkt nur schwach auf den Zink; die magnetische Spannung einer Kette von Silber, Zink und oben angeführter Schwefelsäure war gleichfalls höchst schwach. Hier wurde nun Wasser zugegossen; sogleich nahm die Declination zu und wuchs in demselben Verhältniß, wie die chemische Action.

*) Schw. II. S. 36.

40. Wenn auch die Genauigkeit der hier mitgetheilten Versuche keinen Zweifel zulassen sollte, so läßt sich doch der daraus gezogene Schluß, daß die Stärke der chemischen Action als solcher die Größe des magnetischen Effects bestimme, keineswegs rechtfertigen. Schon Gilbert bemerkte gegen einen solchen Schluß, den Hr. Pohl aus dem Umstande zog, daß die Abweichung der Magnetnadel in dem Verhältnisse abnahm, in welchem die Menge der sauren Flüssigkeit, welche die Zwischenleitung zwischen seinem Wollastonschen Plattenpaare, das er in dieselbe in einem hölzernen Kasten eingesenkt hatte, durch allmähliges Ablassen vermindert wurde, sehr treffend: „Vermag man nicht, während alle Umstände, welche auf die Leitung der Elektricität durch den flüssigen Körper Einfluß haben, ganz unverändert bleiben, die Stärke der chemischen Wirkung des flüssigen Körpers auf die festen Elektromotoren und dadurch zugleich die Größe der magnetischen Wirkung zu verändern: so kann man auf diesem Wege schwerlich zu dem gewünschten Beweise gelangen, — dieses zu bewerkstelligen, möchte aber wohl unüberwindliche Schwierigkeiten haben *).“ Ich habe schon früher **) einige Versuche bekannt gemacht, aus welchen mir hervorzugehen schien, daß die Stärke der magnetischen Wirkung auf keine Weise in genauem Verhältnisse mit der Stärke des chemischen Processes in der Galvanischen Kette stehe, sondern daß vielmehr der feuchte Zwischenleiter nur in dem Maße die Wirkung verstärke, in welchem er ein besserer Leiter der Elektricität sey, und zugleich nicht etwa durch die Art der elektrischen Spannung, welche er seiner Seits mit den festen Elektromotoren eingehe, der Wirkung, welche diese auf einander ausüben, entgegengesetzt sey. Ich

---

*) Annalen. 1821. I. S. 179.

**) Gilb. Annalen. 1821. II. 298.

habe diese Versuche von neuem vorgenommen und in dieser Hinsicht noch viel entscheidendere Resultate erhalten. Man wird weiter unten finden, daß ich zugleich durch einen sehr einfachen Apparat das Leitungsvermögen von Flüssigkeiten für Elektricität unter Umständen bestimmt habe, wo keine mitverbundene chemische Action derselben die Schlüsse hätte unsicher machen können. Die Vergleichung dieser beyden Arten von Versuchen führte zu dem Resultate, daß der feuchte Leiter zunächst durch sein Leitungsvermögen die Stärke des elektrischen Stromes und die Größe der magnetischen Action bestimmte, daß dieses Leitungsvermögen ganz unabhängig von der chemischen Action desselben auf die festen Leiter sey, und daß die scheinbaren Ausnahmen von der Regel bloß davon abhingen, daß dann die Leiter selbst eine bedeutende Spannung setzten, die in entgegengesetztem Sinne von der zwischen Zink und Kupfer wirkte. Ich bediente mich hierzu eines der oben beschriebenen kleinern kupfernen Kasten, in welchen die Zinkplatte gehängt, und der nach der Reihe mit den verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt wurde, die als Zwischenleiter dienen sollten. Folgende Tafel gibt das Maximum der Oscillationen nach der einen Seite hin und die Größe der Abweichung bey dem endlichen Ruhestande für die verschiedenen Flüssigkeiten:

	Maximum.		Ruhestand.
Concentrirte englische Schwefelsäure	70.	—	35.
Mit vier Theilen Wasser verdünnt	130.	—	72.
Mit zehn = = =	90.	—	50.
Gesättigte schwefelsaure Zinkauflösung	130.	—	72.
= = Kupferauflösung	140.	—	73.
= = Eisenauflösung	125.	—	60.
Salmiakauflösung . . .	128.	—	70.
Pottaschenauflösung . .	120.	—	57.

Aus diesen wenigen Versuchen ergibt sich schon auf das evidenteste, daß die Stärke der magnetischen Action durchaus nicht im Verhältnisse der chemischen Wirkung des feuchten Zwischenleiters stehe, denn die schwefelsaure Zinkauflösung, bey welcher in jeder Hinsicht die chemische Action als null angesehen werden kann, da sie als vollkommen neutrale und gesättigte auf den Zink selbst nicht weiter mehr einwirkt, und das Kupfer gleichfalls darauf ohne Wirkung ist, gibt fast die allerstärkste magnetische Action. — Wir werden aber auch weiter unten finden, daß gerade diese Auflösung ein vorzüglich guter Leiter für die Elektricität ist, auch kömmt die negative Spannung, welche sie mit dem Zinke setzt, hierbey noch zu Hülfe, weßwegen auch Zamboni*) zur Verstärkung der Wirkung seiner Säule angerathen hat, die Papierblättchen mit schwefelsaurer Zinkauflösung einzureiben. Auch steht die mit zehn Theilen Wasser verdünnte Schwefelsäure, trotz ihrer so starken chemischen Wirkung, allen übrigen Flüssigkeiten, mit Ausnahme der concentrirten Schwefelsäure, nach. Wie wenig die gewöhnliche chemische Theorie, die Alles auf Oxydation des positiv auftretenden Metalls zurückzuführen sucht, in ihrer Anwendung auf den Elektro-Magnetismus begründet ist, ersieht man auch daraus, daß Schweigger**) durch einige Versuche gerade auf eine entgegengesetzte Ansicht geleitet worden ist, indem er hier die Wirkung vielmehr vom negativen Metalle ausgehen und durch Hydrogenation desselben begründet seyn läßt. Werde Zink, Kupfer und Salmiakwasser gebraucht, so könne der Zink eine Zeit lang in der Flüssigkeit stehen bleiben, wenn nur immer Kupfer abgewischt und frisch eingetaucht werde; Zink und Platina beym Gebrauch von Sal-

---

*) Gilb. Annalen N. F. XXX. S. 151.

**) Journal d. Ch. N. F. I. 3.

miakwasser wirken daher auch schwächer, als Zink und Kupfer, weil dieses von Ammoniak bedeutend angegriffen werde, welche Verbindung man als eine Hydrogenation betrachten könne, und daher verstärke Ammoniak, wenn es gleich für sich allein gebraucht unwirksam sey, die Action so auffallend, wenn es zum Salmiakwasser hinzugesetzt werde. — Ich habe diese Bemerkungen nur als einen Beweis der Schwäche der gewöhnlichen chemischen Theorie angeführt, und erinnere nur, was den Nutzen des Abwischens der Kupferplatten betrifft, daß er auch für die Unterhaltung der übrigen Wirkungen des Apparats gilt, um das Ammoniak zu entfernen, das mit dem Kupfer eine bedeutende positive Spannung setzt, die in entgegengesetztem Sinne der Wirkung des Kupfers auf den Zink thätig wird und dadurch den elektrischen Strom schwächt.

C.

Einfluß der verschiedenen Beschaffenheit und anderweitiger Verhältnisse des leitenden oder die Kette schließenden Körpers, von welchem die Wirkung unmittelbar auf die Magnetnadel ausgeht.

---

41. Das dritte höchst wichtige Moment in der Bestimmung der Art und Größe der magnetischen Erscheinungen ist die Beschaffenheit des Leiters, von welchem der durch die Elektromotoren angefachte und unterhaltene elektrische Strom oder der Conflict der elektrischen Thätigkeiten sich zunächst wirksam beweist, auf den sich also unmittelbar alle magnetische Erscheinungen beziehen. Hier kann, nachdem schon oben die fundamentalen Verhältnisse seiner verschiede-

nen Lage in der horizontalen und lothrechten Ebene betrachtet worden sind, nur noch von anderweitigen Bestimmungen seiner Größe nach verschiedenen Dimensionen (Länge, Dicke, Breite), seiner Gestalt und seiner eigentlichen Qualität, wornach sich insbesondere sein Verhalten gegen die sogenannten Imponderabilien richtet, und welche alle in diesen Versuchen großen Einfluß äußern, die Rede seyn.

a. Feste Leiter.

42. Schon Yelin bemerkte bey der ersten Wiederholung der Versuche, daß wenigstens innerhalb gewisser Gränzen die Vergrößerung der Länge des Leitungsdrathes die Wirkung auf die Magnetnadel nicht schwächte. Ein 6 Ellen und ein $1\frac{1}{2}$ Ellen langer Drath von Silber gaben ihm die gleiche Ablenkung*). Poggendorf fand im Allgemeinen, daß bey starkem Drathe die Wirkung der Kette mit relativ großer Heftigkeit geschah, die der Nadel erst nach mehreren schnellen Schwingungen die Ruhe gestattete, während bey schwächerem Drathe die Nadel nach einer sanften Ablenkung fast ohne alle Oscillation das entsprechende Azimuth erreichte. Auch Böckmann fand, daß ein dicker Leitungsdrath stärkere Wirkungen gab, als ein dünner, womit denn auch das Resultat der Versuche der florentiner Physiker übereinstimmt, welche fanden, daß, wenn der Drath bis zu einem gewissen Puncte dicker genommen wurde, er auch mehr Erwärmung im Wasser hervorbrachte, wie denn die Erhitzung und der Magnetismus des Drathes im Ganzen gleichen Schritt zu halten scheinen. Indessen läßt sich in Hinsicht auf die für die Stärke der Wirkung günstigsten Verhältnisse des Leitungsdrathes, was seine Länge, Dicke und Oberfläche des Leitungsdrathes (soferne letztere noch besonders von der

---

*) Ann. 1820. III. 324.

Gestalt desselben abhängt) nichts Absolutes aufstellen, sondern Alles kömmt hierbey auf das richtige Verhältniß zu der Stärke des Galvanischen Apparats und insbesondere zu dem Quantum von elektrischer Leitung und Zuströmung, das er selbst gewährt, an. In dieser Hinsicht sind besonders Humphry Davys neuere Versuche*) von besonderem Interesse. Er hat durch dieselben näher zu bestimmen gesucht, wie weit Länge, Oberfläche, Masse, eigenthümliche Qualität, Temperatur u. s. w. des Leiters die Größe der Leitung durch denselben bestimmen und modificiren. Er fand, was auch frühere Versuche schon bewiesen hatten, daß bey sonst unverändert bleibenden Verhältnissen des Leiters die Leitung im umgekehrten Verhältnisse der Länge desselben stehe, und daß um die Elektricität von Voltaischen Batterien von verschiedener Stärke vollständig durch sich durchzuleiten, die Länge desselben Leiters dieser Stärke umgekehrt proportional seyn müsse. Wenn z. B. 6 Zoll Platinadrath von $\frac{1}{220}$ Zoll Dicke die Elektricität von zehn Plattenpaaren entluden, so entluden 3 Zoll die Elektricität von 20, $1\frac{1}{2}$ Zoll von 40, und 1 Zoll von 60 solcher Plattenpaare. Die vollständige Entladung beurtheilte er dadurch, daß er von derselben Batterie zu gleicher Zeit feine Silberdräthe in einen Gasentbindungsapparat hineinleitete, wo dann das völlige Ausbleiben aller Gasblasen die vollständige Entladung anzeigte. Eben so verhält es sich mit der Dicke und der davon mit abhängigen Oberfläche des Leiters. Im Allgemeinen ist die Leitung bey gleicher Länge im geraden Verhältnisse mit der Dicke, oder vielmehr mit der Masse, wie besonders Davy durch einen sehr interessanten Versuch mit Platinadrathe bewiesen hat, von welchem, wenn eine gewisse Länge eine

---

*) Fortgesetzte Untersuchungen über die magn. Erscheinungen u. s. w. in Ann. 1822. II. 24.

Batterie entlud, bey sechs Mal größerer Masse dieselbe Länge hinreichte, sechs solche Batterien zu entladen, wobey der Erfolg derselbe war, ob er einen einzelnen Drath von sechsfacher Masse oder sechs kleine Dräthe, die einander berührten, nahm, wofern nur die Dräthe kalt erhalten wurden, weil sonst die Erhitzung das Leitungsvermögen schwächte, ein merkwürdiges Resultat, indem es beweist, daß wenigstens für die Galvanisch erregte und mit höchst geringer Spannung sich ergießende Elektricität die Leitung nicht zunächst eine Function der Oberfläche ist, sondern die Elektricität in das Innere eindringt, was Davy durch anderweitige Versuche, indem z. B. bey unveränderter Masse der Platinadrath unter der verschiedensten Oberfläche (rund, platt geschlagen) gleich gut leitete, ferner bestätigt hat. Wie sehr nun aber auch noch die besondere Beschaffenheit der Voltaischen Apparate selbst hierbey in Betracht komme, ergibt sich daraus, daß die Elektricität durch schlechte Leiter mit desto geringerer Schwierigkeit hindurchgeht, je größer ihre Intensität ist. Bey den großplattigen Apparaten, wo die Menge der Elektricität sehr groß, die Intensität aber sehr klein ist, wenn man also z. B. eine Batterie von 20 Plattenpaaren, jedes von 1½ Quadratfuß Oberfläche, so einrichtet, daß sie nur eine einzige Zinkplatte von 30 Quadratfuß Oberfläche und eine doppelt so große Kupferplatte bildet, wobey ein nur wenig säuerlich gemachtes Wasser als Leiter dient, wird ein schlechterer Leiter, wie z. B. Platinadrath, bey einer gewissen Länge und Dicke dieselbe nur unvollkommen entladen und also nur einen schwachen Effect geben, während ein viel besserer Leiter, wie Silberdrath, bey derselben Länge und Dicke dieselbe Batterie vollkommen entladen und einen viel größeren magnetischen Effect geben wird. Nimmt man aber dann einen kürzeren und dickeren Platinadrath, der zur vollkommenen Entladung hinreicht, so wird dann auch ein gleicher Effect Statt finden. Die verschiedene Erhitzung

der Dräthe kann hier zugleich als Maßstab für ihr verschiedenes Leitungsvermögen dienen. So fand z. B. Davy, daß eine solche Batterie, wenn sie eben angefüllt wurde, einen einen Fuß langen und $\frac{1}{30}$" dicken Platinadrath kaum heiß machte, indessen sie einen eben so langen und dicken Silberdrath zum Rothglühen brachte.

Eine eben so wichtige Rücksicht, als auf die Dicke (Masse) und Länge, ist nun die auf das von der besondern Qualität der festen Leiter abhängige Leitungsvermögen derselben für Elektricität. Da für einen und denselben Leiter die Größe der Leitung im umgekehrten Verhältnisse der Länge und dem geraden der Dicke steht, so hat man eben damit einen sichern Maßstab, um die Güte der Leitung der verschiedenen festen Leiter in genauen Zahlenverhältnissen zu bestimmen. Von verschiedenen festen Leitern werden nehmlich ungleiche Längen, oder bey gleicher Länge ungleiche Dicken erforderlich seyn, um einen gegebenen Voltaischen Apparat vollständig zu entladen, und die Güte der Leitung wird dann im geraden Verhältnisse der Längen, und im umgekehrten der Dicken, die gleiche vollständige Entladung gewähren, stehen. Davy fand auf diese Weise durch sehr genaue Versuche die Metalle, in Rücksicht auf ihr Leitungsvermögen, so auf einander folgen, indem der beßte Leiter an der Spitze steht: Silber, Kupfer, Bley, Gold, Zink, Zinn, Platina, Palladium, Eisen. Um das Maximum der Wirkung zu erhalten, kömmt es also nur darauf an, daß man für einen gegebenen Galvanischen Apparat alle Verhältnisse des Leiters so treffe, daß derselbe vollkommen entladen werde, oder daß das Quantum der Leitung in demselben demjenigen in der Batterie selbst vollkommen gleich sey, und Leiter von verschiedenem Leitungsvermögen werden also dieselbe Wirkung hervorbringen, wenn alle Umstände, die Einfluß auf die Leitung haben, so ausgeglichen werden, daß für alle dasselbe gleiche Quantum von Leitung resultirt. Ein sehr

merkwürdiges Verhältniß zwischen dem Leitungsvermögen der Metalle für Elektricität und ihrer Erhitzung ist bey dieser Gelegenheit von Davy zur Sprache gebracht worden. Er schließt nehmlich aus seinen Versuchen, daß das Leitungsvermögen in dem Verhältnisse abnehme, in welchem die Metalldräthe selbst durch die durchgeleitete Elektricität sich mehr erhitzen, dem Glühezustande näher kommen und endlich schmelzen, und da der Grad der Erhitzung von dem Medium mit abhängt, von welchem der Metalldrath umgeben ist, so hat eben dieß Medium auch Einfluß auf die Stärke der magnetischen Wirkung. Als Davy z. B. eine Voltaische Batterie durch einen Platinadrath entlud, der sich in einem luftleer gemachten Recipienten befand, wurde er geschmolzen, indeß er, von gewöhnlicher Luft umgeben, durch dieselbe Entladung eine viel geringere Temperatur annahm. Noch viel geringer war die Erhitzung, wenn der Drath sich in einem noch dichtern Medium, wie Oel, Wasser u. s. w. befand. So schmolz ein drey Zoll langer Platinadrath von $\frac{1}{220}$″ Durchmesser durch die Entladung von zwey Voltaischen Batterien, jede aus zehn Zinkplatten 4″ ins Gevierte und aus der doppelten Menge Kupferplatten bestehend, während zehn solche Batterieen in demselben Platinadrathe, der sich in Schwefeläther befand, keine andere Veränderung hervorbrachten, als daß er von Gasblasen umgeben wurde; war der Drath 1″ lang, so wurde er durch diese mächtige Entladung in dem Grade erhitzt, daß er den Aether zum Sieden brachte und unter den Dampfblasen weißglühend wurde, während er bey derselben Länge im Oel und Wasser nur theilweise mit kleinen Gasblasen bedeckt und nicht einmahl rothglühend wurde. Derselbe Drath im Wasser zeigte nun weit stärkere magnetische Kräfte, als im Aether, er zog eine solche Menge Eisenfeile an, daß sie rund um ihn einen Cylinder von nahe $\frac{1}{10}$″ Durchmesser bildete. So erhielt Davy auch das merkwürdige Er-

gebniß, daß, wenn er solche Dräthe durch Kalthalten vermittelst künstlicher kaltmachender Gemische zu bessern Leitern machte, sie die Batterieen vollständiger durch sich entluden, in ihrer Mitte z. B. nun erst glühend wurden, stärkere magnetische Wirkung äußerten u. s. w. Die Schwächung des Leitungsvermögens durch Erhitzung tritt eben so wohl ein, ob diese durch die Elektricität selbst, welche hindurchströmt, oder durch äußerlich angebrachte Hitze bewerkstelligt wird. Ob bey schon hinlänglich vorhandener Leitung gleichsam ein Uebermaß derselben günstig oder ungünstig für den Effect sey, darüber fehlt es an genauen Versuchen. Ich fand keinen wesentlichen Unterschied, ob ich einen Messingstreifen von 2″ oder ¼″ Breite anwendete; — als ich neben dem eigentlichen Leitungsdrathe dem elektrischen Strome noch einen Weg durch einen Conductor von außerordentlich großer Oberfläche darbot, zeigte sich doch die Wirkung des erstern auf die Magnetnadel nicht geschwächt. Eben so ließ ich den Strom, außer durch den geraden Leitungsdrath, noch durch einen seitlich daneben befindlichen Multiplicator von 100 Windungen gehen, der seinerseits auf eine besondere Magnetnadel für sich wirken konnte, es zeigte sich aber keine Abweichung derselben, so daß alle Elektricität bey hinlänglicher Leitung durch den Verbindungsdrath bloß durch diesen ihren Weg genommen zu haben schien; als aber der Multiplicator mit dem leitenden Drathe so verbunden wurde, daß der Strom genöthigt war, auch durch jenen zu gehen, so wirkte nun der Multiplicator auf seine Nadel, und die Wirkung des eigentlichen Leitungsdrathes auf die seinige zeigte sich etwas geschwächt.

43. Die Versuche anderer Physiker über das Verhalten verschiedener fester Körper, als Leiter gebraucht, sind weniger wichtig und genau, als die von Davy. Yelin bemerkte, daß die des Magnetismus selbst fähigen Metalle, als Eisen, Stahl und Nickeldrath, minder stark, als Gold,

Silber, Kupferdrath u. s. w. wirken, und bey ihrer Anwendung die Nadel ruhig und ohne bedeutendes Schwanken (?) ihren Abweichungsgang gehe *). Poggendorf fand, daß alle starren Körper, welche sonst auch als gute Leiter der Elektricität bekannt sind, als Glied in die schließende Leitung gebracht, den Metallen selbst nachstanden, d. h. die magnetische Wirkung schwächten. Wenn der Multiplicator aus Messingdrath, den er in allen diesen Versuchen anwendete, für sich allein eine Abweichung von 45° bewirkt hatte, so betrug diese bey Zwischeneinbringung zwischen das eine Ende des Multiplicators und die Kupferplatte des einfachen Galvanischen Elements, das er zu diesen Versuchen gebrauchte,

von Bleyglanz in einer Schichte von	2	Linien	40°
= Magneteisenstein . . .	—	=	35°
= Graphit	6	=	30°
= Holzkohle	2	=	20°
= Schwefelkupfer . . .	—	=	15°
= Schwefelkies . . .	—	=	15°
= Graubraunsteinerz von Ilefeld	—	=	3°

Das geringe Leitungsvermögen dieses letztern, das P. in der reinsten krystallinischen Form anwendete, und das bekanntlich die oberste Stelle am negativen Ende der Reihe der festen Erreger des Galvanismus einnimmt, stimmt mit dem früher von Ritter aufgestellten Gesetze überein, daß diejenigen Metalle, die die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und am nächsten nach dem positiven Ende der Reihe der Erreger des Galvanismus liegen, auch die beßten Leiter der Elektricität sind. Daß von dem Graubraunsteinerze die zartesten Nadeln von kaum ¼‴ am allerwenigsten leiteten, die Magnetnadel bey ihrer Anwendung gar nicht merklich abwich, während ganze Drusen die volle Abwei-

*) Gilb. 1820. III. 397.

chung bewirkten, hat nichts Anomales, wie Herr P. meint, sondern ist eben eine Folge des geringen Leitungsvermögens, das durch die größere Oberfläche des Leiters ausgeglichen werden muß. Der sogenannte Speerkies unterschied sich von dem gewöhnlichen Schwefelkies durch sein äußerst geringes Leitungsvermögen, er stand noch unter dem Graubraunsteinerz; ohngefähr auf dieselbe Weise verhielten sich *Magnetkies*, Kupfernickel, Buntkupfererz und mehrere andere. P. benutzte auch die Gelegenheit der Eisengießerey in Berlin, um das Leitungsvermögen des noch flüssigen glühenden Eisens zu untersuchen. So wie die geschmolzene Masse den leitenden Kreis schloß, war auch die volle Abweichung von 45° da und erhielt sich, so wie die Masse erstarrte und solange der Versuch fortgesetzt wurde. Ein kräftiger Magnetstab, als Glied in die Kette gebracht, er mochte nun mit seinem Nordpol oder Südpol die Kupferplatte berühren, mit der Vorsicht, daß er nicht etwa durch seinen eigenen Magnetismus auf die Nadel wirken konnte, verhielt sich wie gewöhnliches Eisen oder jedes andere Metall. Die bekannten Nichtleiter der Elektricität, alle Steine, Eis, flüssiger Schwefel, flüssiger Phosphor, flüssiges Harz, auch rothglühendes Harz, der Diamant u. s. w. unterbrachen mit der elektrischen Strömung auch alle Erregung der magnetischen Action. Geschmolzenes Kalihydrat, das sonst einer der beßten unter den unvollkommenen Leitern ist, hob in Davys Versuchen, als Glied in die Kette gebracht, alle magnetischen Erscheinungen augenblicklich auf.

b. Flüssige Leiter.

44. Bedenkt man, daß die flüssigen Körper in einem so außerordentlichen Grade schlechtere Leiter als die Metalle sind, so konnte man erwarten, daß sie, als Glieder in die Kette gebracht, die magnetische Action unterbrechen und selbst keine magnetische Thätigkeit äußern würden. Hängt

aber diese Aufhebung der Action lediglich von dem geringen Leitungsvermögen der flüssigen Leiter ab, und hat sie nicht etwa ihren Grund in dem tiefern Wesen dieser Substanzen selbst: so begreift man von selbst, daß man auch bey Unterbrechung der Kette durch einen flüssigen Leiter noch die magnetische Action erhalten wird, wenn man nur in dem Verhältnisse des geringern Leitungsvermögens die übrigen Umstände, welche auf Leitung Einfluß haben, namentlich die Oberfläche und Masse so einrichtet, daß durch angemessene Vergrößerung derselben dasselbe Quantum von Leitung resultirt, wie in dem Metalldrathe selbst; es verhindert ja der flüssige Leiter, der nie fehlen darf, nehmlich derjenige, welcher mit den Elektromotoren selbst in Berührung ist, die Erregung des Magnetismus nicht und ist vielmehr die nothwendige Bedingung dazu. Man sieht leicht ein, daß diese Versuche ganz dazu geeignet sind, das relative Leitungsvermögen der Flüssigkeiten, verglichen mit dem der festen Leiter, namentlich der Metalle, mit größerer Genauigkeit, wie bisher, zu bestimmen. Wir wollen erst kurz die Versuche anderer Physiker anführen, und dann die unsrigen vorzüglich zum Behuf dieser letztern Untersuchung angestellten hinzufügen.

Davy erhielt keine Spur von Bewegung von mit Kalihydrat benetzten in die Kette gebrachten baumwollenen Fasern durch einen Magnet, eben so wenig, wenn er mittelst Kork auf einer in dem geschlossenen Kreise befindlichen Kaliauflösung eine Stahlnadel schwimmen machte, erhielt diese eine Spur von Polarität. Den einzigen Beweis, daß Elektricität, welche durch eine solche Flüssigkeit hindurchgeht, magnetische Kräfte besitzt, gab ihre Wirkung auf eine magnetisirte Nadel in dem Falle, wenn eingetauchte Metallflächen von bedeutender Ausdehnung die Flüssigkeit mit der Batterie verbanden. Daß übrigens nicht der flüssige Zustand als solcher, oder die große Verschiebbarkeit der Theil-

chen flüssiger Körper ein Hinderniß für die Entwicklung ihrer magnetischen Kräfte durch Elektricität sey, bewies Quecksilber und geschmolzenes Rosesches Metallgemisch, das in kleine Glasröhren eingeschlossen in den Voltaischen Kreis gebracht wurde. Die Röhren zogen Eisenfeile an und machten Nadeln magnetisch, und durch keine Bewegung, worin Davy die in ihnen enthaltene Flüssigkeit durch mechanische Mittel oder durch Erhitzung versetzte, wurde ihre Polarität verändert oder vernichtet*). Poggendorf stellte eine große Reihe von Versuchen mit Flüssigkeiten an, indem er auf dieselbe Weise, wie mit den festen Leitern verfuhr, nur daß er die Flüssigkeiten nicht unmittelbar, sondern durch einen feinen Drath mit der Kupferplatte in Verbindung brachte. Wasser, auch kochendes, als Glied in den Kreis gebracht, unterbrach alle Wirkung, eben so verdünnte Salzlösungen. Concentrirte englische Schwefelsäure gab hingegen auf Strekken von 6—8 Linien noch eine sehr merkliche Oscillation der Nadeln, concentrirte Lösungen von salzsaurem Kalk, kohlensaurem Kali, gaben auch noch Oscillationen, doch schwächer, als die concentrirte Schwefelsäure. P. änderte diese Versuche auch dahin ab, daß er die Platten von Zink und Kupfer auf eine schickliche Unterlage in eine Entfernung von 6″ neben einander legte, jede derselben durch eine mit Salmiaklösung getränkte Tuchscheibe bedeckte, und diese durch einen breiten wollenen, gleichfalls mit Salmiaklösung getränkten Streifen verband. Unter letztern wurde nun eine empfindliche Nadel gestellt, und hierauf die Kette durch einen Multiplicator von 100 Windungen geschlossen, der gleichergestalt auf die gewöhnliche Weise (in der Mitte seiner Kreisfläche) versehen wurde. Obgleich nun beym Schließen der Kette letztere Nadel ziemlich beträchtlich abwich, so

*) Gilb. Ann. 1822. II. 229. fg.

war doch bey der unter dem Streifen befindlichen Nadel durchaus keine Sollicitation zu bemerken.

45. Ich benutzte diese Versuche, um das Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten, theils unter einander, theils mit den Metallen verglichen, genauer zu prüfen, und bey dieser Gelegenheit auch den Satz mehr ins Licht zu stellen, ob die Flüssigkeiten, soferne sie das dritte nothwendige Glied des Galvanischen Elements bilden, vielmehr durch ihr verschiedenes Leitungsvermögen, als durch ihre chemische Action (soferne diese nicht etwa gleichen Schritt mit jenem halten würde) bestimmten. Zu diesem Behuf ließ ich mir eine Zelle aus zwey großen auf der einen Seite im Feuer vergoldeten Messingplatten (damit sie von keiner Säure angegriffen würden) verfertigen, welche ihre beyden einander gegenüberstehenden Seitenwandungen bildeten, während die schmalen Seitenwände und der Boden aus Glasstreifen verfertigt waren, die durch einen trefflichen isolirenden Kitt unter sich und mit den Messingplatten verbunden waren, so daß die Zelle vollkommen dicht war. Diese Zelle gewährte mir den Vortheil, sie mit jeder beliebigen Flüssigkeit füllen zu können, durch welche der elektrische Strom, um von der einen Metallplatte zu der andern zu gelangen, gezwungen war, seinen Weg zu nehmen. Je nachdem ich die Zelle mehr oder weniger hoch anfüllte, war die Berührungsfläche mit den Messingplatten größer oder geringer. Da die Größe der Leitung für einen und denselben Leiter im Verhältnisse mit der Größe der Oberfläche oder dem Durchschnitte der Schichte steht, welche den Strom durchleitet, so konnten die verschiedenen Höhen, bey welchen verschiedene Flüssigkeiten eine gleiche Leitung gewährten, erkennbar an der gleichen Wirkung auf die Magnetnadel, als den Leitungskräften der Flüssigkeiten umgekehrt proportional betrachtet werden. Die Messingplatten hatten übrigens 6″ paris. im Quadrat und der Zwischenraum zwischen

beyden oder die Weite der Zelle betrug $7\frac{1}{2}'''$. Zur Vergleichung wählte ich erst einen feinen Stahldrath Nr. 13, dessen Durchmesser $\frac{1}{180}''$ betrug, und der statt der Flüssigkeit in jenen Zwischenraum von $7\frac{1}{2}'''$ als Leiter eingeschoben wurde. Ich bediente mich bloß eines einfachen Galvanischen Elements aus einer runden Zink- und Kupferplatte von $1\frac{1}{4}''$ im Durchmesser, verstärkte aber die Wirkung durch die Verbindung des von dem einen Metalle ausgehenden Leiters mit einem Multiplicator von 200 Windungen, um die Oscillationen und Abweichungen der Magnetnadel und eben damit ihre Unterschiede bey Anwendung verschiedener leitender Flüssigkeiten recht auffallend zu machen. Die einfache Vorrichtung zu diesen Versuchen ergibt sich aus Fig. 17. a, b sind die Kupfer- und Zinkplatte, zwischen welche eine mit irgend einer Flüssigkeit befeuchtete Pappe interpolirt wurde, c ist der Multiplicator von 200 Windungen auf einem passenden Gestelle e, in dessen Mitte sich die Magnetnadel f befindet, d ist die oben beschriebene Zelle, welche zu verschiedenen Höhen mit der Flüssigkeit, deren Leitungsvermögen untersucht werden sollte, angefüllt wird. Indem von der einen Metallplatte a aus ein Drath sich mit dem einen Ende 1 des Multiplicators verbindet, dessen anderes Ende 2 mit der einen Metallplatte der Zelle in sehr genaue Berührungsverbindung gebracht wird, während ein von der andern metallischen Wand der Zelle ausgehender Drath sich mit dem andern Metalle b verbindet, ist der elektrische Strom der in dem Augenblicke eingeleitet wird, da man die Platte b auf die Pappscheibe, welche auf der Metallplatte a ruht, auflegt, genöthigt, seinen Weg durch den Multiplicator und die Zwischenschichte von Flüssigkeit, welche sich in der Zelle befindet, zu nehmen, und die Wirkung desselben auf die in der Mitte des Multiplicators schwebende Magnetnadel f wird unter sonst gleichen Umständen im Verhältnisse der Leitung stehen, welche jene Flüssigkeit gewährt.

Ich fand so, daß, um dieselbe Wirkung auf die Magnetnadel zu erhalten, wenn der Strom durch jenen feinen Stahldrath, also durch einen Durchschnitt von $\frac{1}{41236}$ Quadratzoll, hindurchging, eine concentrirte Salmiakauflösung eine Höhe von 1" haben mußte. Dieß gibt für ein Rechteck von 6 Zoll Länge und 1" Höhe 6 Quadratzoll Durchschnitt, woraus dann folgen würde, daß Eisendrath ein etwa 247416 Mal besserer Leiter seyn würde, als eine concentrirte Salmiakauflösung *). So wie die Höhe der Salmiakflüssigkeit in der Zelle und damit die Leitung zunahm, waren bey der Schließung die Oscillationen viel rascher und dauernder und die endliche Abweichung im Ruhestande größer. So wenn bey $1\frac{1}{4}$" Höhe die endliche Abweichung 37° betrug, stieg sie bey $2\frac{3}{4}$" auf 40, bey $4\frac{1}{2}$ auf 45. — Hier schien aber auch für die übrigen Bedingungen der Leitung, nehmlich das gebrauchte Plattenpaar, den Multiplicator, das Maximum eingetreten zu seyn, denn eine weitere Zunahme der Höhe der Salmiakflüssigkeit brachte keine weitere Vermehrung der Abweichung hervor. Ich will hier mehrere Flüssigkeiten, Säuren, Laugensalze und concentrirte Auflösungen von Salzen in der Ordnung folgen lassen, wie sich ihr Leitungsvermögen vergleichungsweise ergab. 1) Oxydulirte gesättigte salzsaure Zinnauflösung mit besonders raschen und weit gehenden Oscillationen; 2) salpetersaures Quecksilberoxyd; 3) gesättigte salpetersaure Silberauflösung; 3 a) Aetz-Ammoniakflüssigkeit von 936 sp. G.; 4) essigsaures Quecksilberoxydul; 5) schwefelsaures Mangan; 6) schwefelsaurer Zink; 7) schwefelsaures

*) Aus dieser Vergleichung ergibt sich von selbst, daß die Aeußerung von Berzelius in seinem zweyten Jahresberichte S. 2.: daß die Unterbrechung der Leitung durch eine Flüssigkeit alle magnetische und elektrische Wirkung vernichte, wenn man nur ein einziges Galvanisches Element anwende, unrichtig ist.

Kupfer; 8) schwefelsaures Eisenoxydo-Oxydul; 9) Salmiak; 10) salzsaures Quecksilberoxyd; 11) schwefelsaures Natron; 12) Bittersalz; 13) Alaun; 14) Schwefelkali; 15) Brechweinstein; 16) essigsaures Bley; 17) salpetersaurer Baryt; 18) Salpeter; 19) salzsaurer Kalk; 20) Pottasche; 21) Kochsalz*); 22) Wasser. Diese Bestimmungen gebe ich hier nur als ohngefähre, da die Versuche in der Ausführung selbst manche Schwierigkeit haben. Es hat nehmlich die mehr oder weniger innige und gleichförmige Berührung der Metallplatten mit der feuchten Pappe einen so großen Einfluß auf die Stärke des elektrischen Stromes und die von demselben abhängige Abweichung der Magnetnadel, daß auch bey einer weniger vollkommenen Leitung durch eine gegebene Flüssigkeit in der Zelle doch der Effect eben so groß ausfällt, als bey Anwendung einer viel besser leitenden Flüssigkeit. Um daher von dieser Seite die Bedingungen des Erfolgs in jedem Versuche so gleichförmig als möglich zu erhalten, habe ich mir einen hölzernen, innen wohl verpichten Kasten machen lassen, welchen ich mit der Flüssigkeit, die die Stelle der feuchten Pappe vertreten sollte, füllte, und in welche ich die parallel neben einander befindlichen, an einem horizontalen Streifen Elfenbein befestigten Metallplatten von 4″ Seite zu einer beliebigen, genau bestimmbaren Tiefe hinabbewegen konnte, wo also die Art der Berührung der Metalle mit der Feuchtigkeit immer auf dieselbe Weise geschah und durch ungleichförmige Befeuchtung der Pappe, wechselnden Druck u. s. w. keinen Einfluß erlitt, während die Verbindung der Platten selbst auf die nehmliche Weise, wie in den obigen Versuchen, durch den Multiplicator und die Flüssigkeit in der großen Zelle geschah, durch welche der elektrische Strom

---

*) Alle Salzauflösungen waren im Zustande der Sättigung bey mittlerer Temperatur angewandt.

demnach seinen Weg nehmen mußte. Die durch diese neue Art den Versuch anzustellen erhaltenen Resultate mit noch einer größeren Menge von Flüssigkeiten werde ich in einem Anhange nachtragen.

Auf obige Weise untersuchte ich noch das Leitungsvermögen der Schwefelsäure in verschiedenen Graden der Concentration und der Salzsäure. Concentrirte englische Schwefelsäure wirkte nicht viel stärker, als eine gesättigte Pottaschenauflösung, das Maximum ihrer Wirksamkeit zeigte sich bey dem Verhältnisse von 9 Theilen Wasser gegen 1 Theil Säure, und diese übertraf an Leitungskraft noch merklich eine gesättigte Salmiakauflösung; bey dem Verhältnisse von 4 Theilen Wasser gegen 1 Theil Säure war die Leitung nicht besser als bey 29 Theilen Wasser gegen 1 Theil Säure, und war ohngefähr gleich der des schwefelsauren Eisenoxyduls. Wenn auch einige der Flüssigkeiten in Ansehung des endlichen Ruhestandes sehr nahe mit einander übereinstimmten, wenigstens mit der kleinen, hierbey angewandten, übrigens sehr empfindlichen Magnetnadel keinen Grad Unterschied machten: so zeigte sich doch darin eine gar auffallende Verschiedenheit, daß bey der einen oder andern die anfänglichen Schwingungen viel weiter gingen und mit weit größerer Geschwindigkeit erfolgten, als bey der andern, in welcher Hinsicht vorzüglich salzsaures Zinnoxydul, salpetersaures Quecksilberoxyd, Salmiak und mit vier Theilen Wasser verdünnte Schwefelsäure sich auszeichneten.

D.

Einfluß der mehrfachen Umschlingungen des Leitungsdrathes auf die Verstärkung der Wirkung. Elektromagnetischer Multiplicator.

46. Einen höchst merkwürdigen Einfluß auf die Verstärkung der elektro-magnetischen Thätigkeit äußert die mehrmalige Umschlingung des Leitungsdrathes, wodurch der elektrische Strom genöthigt wird, denselben Kreislauf wiederholt zu durchlaufen und gleichsam eine längere Zeit hindurch auf die Magnetnadel zu wirken. Wir verdanken Schweigger'n diese interessante Vorrichtung, welche mit Recht durch einen besondern Namen bezeichnet wird, wozu derjenige von Multiplicator passender ist, als von Condensator, da diese letztere Benennung auf einer theoretischen Ansicht beruht, welche sich schwerlich rechtfertigen läßt, während die erstere eine bloße Thatsache in Erinnerung bringt. Mit Unrecht ist die erste Erfindung des elektro-magnetischen Vervielfältigers von einigen Physikern, namentlich von Erman *), Herrn Poggendorf zugeschrieben worden, der selbst die Priorität Herrn Prof. Schweigger einräumt **). Schweigger selbst kam durch eine einfache Betrachtung auf diese schöne Erfindung. „Daraus, daß eine Umkehrung der Wirkung erfolgt, je nachdem der Polardrath unter der Nadel oder über der Nadel hing, und eben so, je nachdem vom positiven oder negativen Pol her der Drath geleitet wird, daraus, sage ich, läßt sich durch eine leichte Schlußfolge eine Ver-

*) Dessen Abhandlung. Nachtrag S. 105.

**) Vgl. Gilb. in einer Anm. in Annalen. 1821. I. 429.

doppelung der Wirkung ableiten, die sich auch in der Erfahrung bewährt. Ich lege zunächst den einfachen Verdoppelungsapparat, wo sich die Boussole zwischen zwey umschlungenen Dräthen befindet, der Gesellschaft vor. Leicht wird eine Vervielfachung der Wirkung sich erhalten lassen, wenn man den Drath nicht bloß ein Mal, sondern mehrmals umschlingt*).“ In einem späteren Aufsatze gab H. S. noch weitere Anleitung zur Verfertigung des Multiplicators, indem er vorzüglich darauf aufmerksam machte, daß die an einander liegenden Dräthe durch eine vollkommen isolirende Umhüllung außer aller leitenden Berührung mit einander gehalten werden müssen, wozu er Wachs und noch besser Umspinnung mit Seide empfahl, und zugleich die zur Verfertigung nöthigen Handgriffe angab, damit die so mit Seide umsponnenen Silber- oder Messingdräthe regelmäßig an einander lägen**). Die vorzüglichsten Versuche, welche H. Schw. damit anstellte, bezweckten vorzüglich, den Einfluß der Richtung des elektrischen Stromes auf die Bewegungen der Magnetnadel in ein helleres Licht dadurch zu stellen.

47. Herr Poggendorf hat das Verdienst, eine vorzüglich belehreude Reihe von Versuchen zur Bestimmung des Einflusses der Anzahl der Umschlingungen auf die Verstärkung der elektrisch-magnetischen Thätigkeit angestellt zu haben, wobey er noch besondere Rücksicht auf die verschiedene Stärke der Galvanischen Apparate, deren elektrischen Strom der Multiplicator zu leiten bestimmt ist, und die verschiedene Dicke des zu den Umschlingungen gebrauchten Drathes nahm. Zur Beseitigung des Umstandes, daß bey einem schon mäßig starken Drathe die letzten Windungen schon bedeutend

---

*) Zusätze u. s. w. in Schw. Journal. N. F. I. S. 1.

**) A. a. O. S. 85.

weiter von der Nadel abstehen, als die ersten, versah er sich mit dem feinsten Messingdrathe, der nach Angabe der Arbeiter noch zu überspinnen ist, und dessen Durchmesser $\frac{1}{100}'''$ (?) fand*). Bey Umwicklung der Nadel mit diesem Drathe sonderte er jedes Hundert der Windungen von einander ab, damit stets eine solche Anzahl der Windungen mit der Kette verbunden werden konnte, als es der jedesmalige Zweck erheischte. Eine solche Construction kann man also als eine Vereinigung mehrerer neben oder über einander stehender Multiplicatoren betrachten. Der angewandte Galvanische Apparat bestand aus einer Platte von Zink und Kupfer, jede von 3, 6″ im Durchmesser mit einer mit verdünnter Salmiakauflösung getränkten Tuchscheibe, die Nadel war $2\frac{1}{2}''$ lang und wog 15, 8 Gran. 100 Windungen gaben eine Abweichung von 45°, für jedes neue Hundert bis 400 Windungen wuchs die Abweichung merklich um 5°, von da an nahm sie erst um 2°, dann um 1°, endlich bey Vermehrung von 800 auf 900 um $\frac{1}{2}$° zu, und hatte bey 1000 ihr Maximum mit 66° erreicht, über welches sie auch durch 1300 Windungen nicht getrieben werden konnte. Die Abweichungen waren gleich stark, in welchem Azimuthe sie auch geschahen, wenigstens konnte keine Differenz in der Größe der östlichen und westlichen Abweichung wahrgenommen werden. Da der in dieser Reihe von Versuchen angewandte Multiplicator nicht die ganze Länge von 1300 Windungen dem Durchgange der Elektricität darbot, sondern nur einen seiner Länge nach in 13 Theile gespaltenen von 100 Windungen darstellte: so verband er nun, um diesen Einfluß der

---

*) Nach van Marum hat der feinste mit Nr. 16 bezeichnete Stahldrath, den ich indessen mir nie habe verschaffen können, doch noch einen Durchmesser von $\frac{1}{240}''$, und der feinste übersilberte Drath, der mir zu Gebot stand, keine größere Feinheit, als von $\frac{1}{15}'''$.

Ausdehnung des Leitungsdrathes der Länge nach näher zu prüfen, die Enden der einzelnen Multiplicatoren so mit einander, daß das Ganze durchaus ein Continuum darstellte. Außer jenen oben erwähnten größern Platten prüfte er nun auch ein Paar viel kleinere, deren Oberfläche kaum 8 Quadratlinien betragen mochte und deren Flächeninhalt sich also zu dem der großen Kette = 1 : 120 verhielt. Zugleich wurde der Anfang mit einer kleinern Anzahl von Windungen gemacht.

Zahl der Windungen.	Abweichung bei der großen Kette.	Bei der kleinen Kette.
1	10	1 — 1½
5	22	8.
10	27	10
25	30	15
60	35 — 40	25
75	40	32
100	40	38
200	40	40
300	40	38
400	—	39
500	41	42
600	—	40
700	—	—
1000	40	40

Der Einfluß der verschiedenen Combinationsart des Multiplicators leuchtet deutlich ein. Bey der ersten, wo die einzelnen Multiplicatoren 100 Windungen hatten und neben einander aufgestellt waren, fiel das Maximum zwischen 900 und 1000, bey der letzteren schon auf 75 und für Platten von 3, 6 Durchmesser findet keine Verstärkung der Wirkung mehr Statt; bey den kleinen Platten tritt das Maximum viel später ein und fällt wahrscheinlich zwischen 200 und 300.

Wie groß der Einfluß sey, den die Dicke des Drathes ausübt, erhellt aus folgenden Versuchen, wo der Durchmesser $\frac{1}{8}'''$ betrug.

Zahl der Windungen.	Abweichung bey Anwendung der großplattigen Kette.
5 . . .	20 — 22
25 . . .	40 — 45
50 . . .	45
100 . . .	65.

Ueber 100 Windungen hinaus fand weiter keine vergrößerte Abweichung Statt, worin dieser Versuch mit dem vorigen übereinstimmte, aber in dem Maximum auffallend abwich, wovon der Grund in der größeren Dicke des Drathes liegen mußte, da die Platten an sich nicht stärker wirkten, als im vorigen Versuche.

Versuche mit eben diesem Multiplicator und den kleinern Platten gaben zu schwankende Resultate, um sich darauf verlassen zu können. Die einzige Folgerung, welche H. P. aus diesen Versuchen zieht, ist, daß die Wirkung der Kette nicht unbegränzt mit der Zahl der Windungen des Multiplicators zunehme.

48. Herr Raschig*) bewies durch seine Versuche, wie sehr der Multiplicator als ein Mikroelektromagnetometer wirke, indem durch einen solchen von einer hinlänglichen Anzahl von Windungen eben so die Wirksamkeit eines Wollastonschen Fingerhutapparats deutlich dargestellt werden könne, wie in dem Wollastonschen Versuche durch die Feinheit des Platinadraths im erregten Glühen. An dem einen Ende des sich über einander wickelnden Drathes hängt ein kleiner silberner Fingerhut (der von Raschig faßte nur 25 Tropfen), an dem andern ein cylindrisches Stückchen Zink,

*) Gilb. Ann. 1821. I. 427.

das in den Fingerhut hineinpaßt und, um nicht mit dem Silber in metallische Berührung zu kommen, unten mit einer kleinen Korkscheibe versehen werden kann, worauf man mit Schwefelsäure geschärftes Wasser in den kleinen Becher gießt. Nach der Richtung des elektrischen Stromes wird sich nun die Bewegung der zwischen den Windungen befindlichen Nadel richten, und man kann alle oben entwickelten Gesetze durch Versuche im kleinsten Maßstabe daran verdeutlichen. Gehen die Windungen in einer lothrechten Ebene über und unter der Nadel hin, so finden Bewegungen derselben in der Declinationsebene Statt, liegen die Windungen in einer horizontalen Ebene, und befinden sich also auf beyden Seiten der Magnetnadel, so erfolgen die Bewegungen in der Inclinationsebene.

Herr Raschig bediente sich eines solchen Multiplicators, um die Theorie von festen magnetischen Axen des Schließungsdrathes zu widerlegen, indem er durch einen sinnreichen Versuch bewies, daß die Windungen mit ihrem ganzen Umfange, wenn sie bey unveränderter Lage der Nadel allmählig in gleiches Verhältniß gegen sie gebracht werden, ganz gleichförmig auf sie wirken*). Zu diesem Behuf verfertigte er sich einen Multiplicator von 1½ Fuß Durchmesser, an welchem Fingerhut und Zinkstückchen 6 Zoll lang, nicht weit von einander gehörig verbunden, an dünnen Dräthen herabhingen und zwar in verticaler Lage, indem der dem Fingerhut und Zink gegenüber liegende Theil des Multiplicators fortwährend unter der Magnetnadel im magnetischen Meridian erhalten wurde. Nachdem der elektrische Strom von Norden nach Süden, oder von Süden nach Norden unter der Magnetnadel wegging, wich die Nadel bey allmähliger gänzlicher Umwendung des unter ihr befindli-

*) A. a. O. S. 436.

chen Theils des Multiplicators (indem dieser Theil gleichsam fixirt wurde, so daß sich der übrige Kreis um diesen als seine Axe drehte) stets nach Osten oder Westen ab.

49. Der Multiplicator in Verbindung mit der Nadel ist im eigentlichsten Verstande ein Mikro-Elektro-Magnetoskop, und vermittelst desselben wird die Magnetnadel durch ihre Bewegungen das bey weitem empfindlichste Reagens für den Galvanisch-elektrischen Strom, die Richtung desselben und eben damit die Vertheilung der elektrischen Pole an die Elemente der mannichfaltigen Galvanischen Combinationen*). Selbst das empfindliche Froschpräparat kann diesem Reagens nicht gleich gesetzt werden, weil die Kraft, womit hier der elektrische Strom in Wechselwirkung kömmt, selbst so veränderlich ist. So bedienten sich denn auch Poggendorf desselben, um durch eine Reihe von Versuchen die Galvanische Reihe der festen Leiter des Galvanismus (die sogenannte Spannungsreihe) genauer zu bestimmen, wodurch sie in einigen Puncten Berichtigung erhalten hat. Diesen Versuchen gemäß folgen sich diese festen Erreger des Galvanismus, von der positiven Seite ausgegangen, in nachfolgender Ordnung: Zink, Cadmium, Mangan, Bley, Zinn, Eisen, Stahl, Uran (?), Messing (Kupfer, Magneteisenstein, Kupfernickel), Kobalt, Wismuth, Antimon, Arsenik, Chrom, Silber, Nickel (Quecksilber, Schwefelkupfer, Schwefelkies), Tellur, Gold (Bleyglanz, Kohle), Platina, Graphit, Manganhyperoxyd. Als flüssiger Leiter diente in allen diesen Fällen eine verdünnte Salmiakauf-

---

*) Berzelius in seinem zweiten Jahresberichte gibt einen auffallenden Beweis dieser großen Empfindlichkeit, indem er ein elektrisches Paar aus Kupfer und Zink von ⅛ Zoll Seite, zwischen welche ein durch Quellwasser befeuchtetes Fließpapier gelegt wurde, die Magnetnadel ungefähr 20° von ihrer gewöhnlichen Stellung abweichen machen sah.

lösung; die Kleinheit der Oberfläche, in welcher nur mehrere von den schwer darstellbaren Metallen angewandt werden konnten, erlaubte nicht, reines Wasser anzuwenden. Die ungemeine Kraft des Multiplicators in Verstärkung der Einwirkung auf die Magnetnadel erhellt auch aus einem interessanten Versuche Schraders*), wo zwey homogene Metalle mit einer und derselben Flüssigkeit eine wirksame Galvanische Kette oder einen elektrischen Strom einleiten, wenn das eine bis zum Glühen erhitzt, das andere von gewöhnlicher Temperatur ist, und daß nicht etwa eine Schichte von Oxydul, die sich an dem bis nahe zum Glühen erhitzten Metalle bildet, hierbey zwey heterogene feste Erreger des Galvanismus zur Folge hatte, bewies der Umstand, daß auch Platina auf diese Art wirkte, wo doch an eine Oxydation nicht zu denken war. Er brachte nehmlich ein kleines Schälchen von Platina, in welchem sich Salzsäure oder Salmiakauflösung befand, mit dem einen Ende des Multiplicators in Verbindung, und ein Platinalöffelchen mit dem andern Ende desselben, dieses wurde durch eine Weingeistlampe glühend gemacht, und nun in die Salzsäure oder das Salmiakwasser getaucht; — im ersten Augenblicke zeigte sich keine Spur von Wirkung, so wie aber das Löffelchen sich etwas abgekühlt hatte, so trat in einem und demselben Augenblicke das Aufbrausen ein, und die Magnetnadel wich um 5 — 10° ab. Das erhitzte Metall trat hierbey als das relativ-negativere auf.

50. Der Multiplicator bietet eine zu merkwürdige und für die Theorie zu interessante Art der Verstärkung der elektro-magnetischen Wirkung dar, als daß ich nicht gleichfalls von meiner Seite zur Aufklärung dieses Gegenstandes Versuche hätte anstellen sollen, die zur Ergänzung

*) Dessen o. a. Diss.

deßjenigen dienen konnten, was andere Experimentatoren noch unerledigt gelassen hatten. Der Hauptgesichtspunct, aus welchem diese Versuche von mir angestellt wurden, war, wie weit nach Verschiedenheit der Galvanischen Apparate und der Dicke des zum Multiplicator gewählten Drathes die Verstärkung durch Vervielfachung der in sich zurückgehenden Windungen getrieben werden könne. Da nehmlich hierbey Alles auf das Verhältniß der Leitung im Multiplicator zur Leitung im Galvanischen Apparate ankömmt, und die Leitung im geraden Verhältnisse der Oberfläche, oder, wie Davys Versuche gelehrt haben, des Durchschnittes und im umgekehrten der Länge steht, so folgte zum voraus daraus, daß bey gegebener Leitung im Galvanischen Apparate das jedesmalige Maximum der Wirkung von dem gehörigen Verhältnisse zwischen der Dicke und Länge des Drathes abhängen mußte, und daß die Verstärkung der Wirkung in jedem gegebenen Falle noch weiter mußte getrieben werden können, wenn die durch Zunahme der Länge erfolgte Retardation der Leitung durch Vergrößerung des Durchschnittes des Drathes wieder ausgeglichen wurde. Doch konnte die Vergrößerung des Durchschnittes durch relative Verdünnung oder Ausbreitung des Stromes wieder hinderlich werden, indem zu den elektro-magnetischen Wirkungen zwar freye Strömung, aber doch zugleich eine gewisse Tension des Stromes selbst wieder erforderlich ist. Es ließ sich nach dieser Betrachtung voraussagen, daß ein Multiplicator von einer bestimmten Dicke des Drathes für einen sehr kleinplattigen Apparat noch bis zu einer Zahl von Umwicklungen die Wirkung verstärken konnte, dießseits welcher er bereits aufgehört hatte, die Wirkung bey Anwendung eines großplattigen Apparats zu verstärken, weil er, in Beziehung auf die geringe Leitung des erstern Apparats, immer noch eine hinlängliche Leitung gewährte, in Beziehung auf den letztern aber bereits Retardation entgegengesetzte. Die folgenden Versuche

werden diese Ansichten weiter ins Licht setzen und bestätigen. Ich bediente mich zu meinen Multiplicatoren zweyer Sorten von mit Seide übersponnenem übersilbertem Messingdrathe, wovon der eine $\frac{1}{15}'''$, der andere $\frac{1}{3}'''$ im Durchmesser hatte. Den ersteren will ich mit a, den zweyten mit b bezeichnen. Die drey Galvanischen Apparate, welche mit diesen Multiplicatoren untersucht wurden, waren runde Platten von Kupfer und Zink, wovon die des größern 40 Quadratzoll, die des mittleren 1, 6 Quadratzoll, und die des kleinsten $\frac{1}{3}$ Quadratzoll Oberfläche hatten, und deren Oberflächen also ohngefähr in dem Verhältnisse 1, 5, 120 zu einander standen. Als feuchte Leiter wurden jedesmal mit Salmiakauflösung befeuchtete Pappen angewandt. Diese dreyerley Plattenpaare will ich durch die Zahlen 1 (das kleinste), 2 und 3 (das größte) bezeichnen.

Multiplicator.	Zahl der Windungen.	Galvanische Apparate. 1.	2.	3.
a.				
	10	8°	—	25°
	30	13—14°	—	40
	60	15—20°	—	45
	100	50°	—	50
	160	70°	—	50
	200	77°	—	48
b.				
	50	15°	45	70
	100	17°	30 (?)	60
	200	30—35°	75—80	85—90.

Ich untersuchte ferner, welchen Einfluß die Vervielfachung der Plattenpaare bey Anwendung der verschiedenen Multiplicatoren und der zunehmenden Zahl der Umwicklungen derselben habe.

Multiplicator.	Zahl der Windungen.	Galvanische Apparate und Zahl der Plattenpaare.		
		1.	2.	3.
b.	50.	1 P. 15	1 P. 45	1 P. 70
		2 P. 35	2 P. 25	2 P. 70
		3 P. 30	3 P. 30 (?)	3 P. 68
	100.	1 P. 17	1 P. 30	1 P. 60
		2 P. 12	2 P. 25	2 P. 80
				3 P. 75
	200.	1 P. 30-35	1 P. 75-80	1 P. 85-90
		2 P. 35-40	2 P. 55	2 P. eben so.
		3 P. 40	3 P. 50	
a.	200*).	1 P. 45	1 P. 55	
		2 P. 50	2 P. 60	
		3 P. 50	3 P. 65	
		4 P. 55	4 P. 55	
		5 P. 55		
		7 P. 50		
		10 P. 45.		

Ich untersuchte noch, welchen Einfluß es habe, wenn das eine Mal die Multiplicatoren neben einander gestellt werden, so daß die Enden jedes Einzelnen für sich mit den Platten verbunden werden, oder wenn sie mit ihren Dräthen selbst unter einander vereinigt und somit in einen einzigen Multiplicator von doppelter, dreyfacher Anzahl von Windungen vereinigt werden.

Ein Multiplicator a von 60 Windungen gab mit einem Plattenpaare 1, 25° Abweichung, als nun ein zweyter Mul-

---

*) Dieser Versuch wurde zu einer andern Zeit angestellt und zeigte eine schwächere Wirkung der kleinsten Platten, als in der ersten Reihe von Versuchen.

tiplicator a, gleichfalls von 60 Windungen, mit demselben Plattenpaare verbunden wurde, so daß der Strom nun gleichsam in den doppelten Raum der Breite nach verdünnt war, so betrug die Abweichung nur 18°, ohngeachtet dieser Multiplicator für sich allein 30° Ablenkung gab; da nun beyde Multiplicatoren so mit einander vereinigt wurden, daß sie einen einzigen Multiplicator von 120 Windungen darstellten, durch welche der elektrische Strom hindurchzugehen gezwungen war, so betrug die Ablenkung nun 45°.

Diese Versuche stellen einige Schwierigkeit dar, um constante Resultate zu erhalten. Kleine Abweichungen in der Befeuchtung der Pappen äußern schon einen Einfluß, noch mehr aber die verschiedene Innigkeit der Berührung. Ein starker gleichförmiger Druck auf die Platten, um die Berührungspuncte mit dem feuchten Zwischenleiter so zahlreich als möglich zu machen, vergrößert die Wirkung auffallend, findet aber der Druck mehr nur auf eine einzelne Stelle Statt, so daß die übrigen Puncte dadurch vielmehr außer Berührung kommen, so nimmt die Abweichung vielmehr ab.

51. Es ist bis jetzt noch wenig Befriedigendes über die Wirkungsart des Multiplicators vorgebracht, und selbst das Gesetz der Verstärkung ist nicht genau bestimmt worden. Berzelius drückt im Grunde nicht mehr, als das Factum selbst aus, wenn er sagt, daß die nach innen gewendeten Seiten des Drathes die Magnetnadel nach derselben Richtung ablenken, wodurch die magnetische Kraft innerhalb des Rings so sehr verstärkt werde. Die Frage bleibt immer, warum dieselben Windungen, wenn sie sich metallisch berühren, wo dann doch auch elektrisches Fluidum an ihrer innern Seite hin strömt, nicht merklich stärker wirken, als der einzelne Drath. Auch stellt er zu allgemein das Gesetz auf, daß, je größer die Zahl der Windungen in Vergleich mit dem Durchmesser des Ringes ist, desto wirksamer das Instrument sey. Es kömmt hierbey wesentlich mit auf die

Beschaffenheit des Galvanischen Apparats an. Denn so sahen wir in den obigen Versuchen bey dem großplattigen Apparat den Multiplicator a viel schwächer wirken, als den Multiplicator b, ohngeachtet bey derselben Zahl der Windungen der Durchmesser des Ringes a viel kleiner war, als der des Ringes b. Herr Ermann drückt sich folgendermaßen aus*): „Noch kennt man nicht die Gesetze, nach welchen die Condensation sich richtet, weder in Beziehung auf die Anzahl, noch auf den Umfang der Windungen, weder in Beziehung auf die Intensität der Quelle, von welcher der Condensator seine elektrische Spannung bekömmt, noch auf die relative Dicke des Drathes. Das Verhältniß der Intensität der jedesmaligen Condensation wird wahrscheinlich befunden werden in geradem der elektrischen Spannung des Leiters und in umgekehrtem der Isolationsfähigkeit der ihn umgebenden und isolirenden Substanz. So glaube ich gefunden zu haben, daß stärkere Ladungen nicht in demselben Verhältniß vermehrt und condensirt werden, als schwächere, und so fand sich auch, daß ein höchst fein gezogener Drath fast ganz untauglich war; es ist denkbar, daß in beyden Fällen die umgebende Seide nicht fähig war, die gespannten entgegengesetzten Elektricitäten gehörig zu isoliren, so daß statt der Spannung durch Vertheilung ein partieller Uebergang durch Mittheilung Statt fand." Ich kann dieser Ansicht nicht beystimmen. Von elektrischen Strömen, in welchen wir das, was wir im gewöhnlichen Sinne elektrische Spannung nennen, als aufgehoben annehmen, können wir keine wechselseitige Wirkung auf einander und Erhöhung ihrer Spannung durch Vertheilung annehmen. Auch hat der Ausdruck: „die Condensation werde in umgekehrtem Verhältnisse der Isolations-

---

*) Umrisse u. s. w. S. 109.

fähigkeit der den Drath umgebenden isolirenden Substanz stehen," etwas Zweydeutiges; denn man sollte darnach glauben, daß, je geringer diese Isolationsfähigkeit ist, desto größer werde die Condensation seyn, welchem aber die von Herrn Ermann gemachte Anwendung widerspricht. Mir scheint vielmehr hier ein ganz neues Gesetz der Verstärkung einer Naturwirkung gegeben, das vielleicht auch in andern Fällen mit Nutzen anwendbar ist. Alles scheint mir nehmlich darauf zurückführbar, daß dasselbe elektrische Theilchen durch Hülfe des Multiplicators längere Zeit und durch öfters wiederholte Impulse auf die Magnetnadel wirkt, als ohne denselben. Wir wollen den Fall setzen, daß der gegebene elektrische Apparat im Stande sey, in jedem Augenblicke so viel Elektricität herzugeben, um in der Länge einer einzelnen Windung, gleichsam als in einem Canale, einen Strom von bestimmter Spannung zu unterhalten, so daß der Abfluß eben so rasch, als der Zufluß ist, und Nichts im Apparate zurückbleibt. Gesetzt, wir nähmen denselben Drath nun hundert Mal, so daß der elektrische Strom in demselben Augenblicke gleichmäßig durch alle hundert Dräthe abfließen könnte, so wird jeder einzelne Drath nur $\frac{1}{100}$ Elektricität erhalten, die Spannung des Stromes wird nur $\frac{1}{100}$ der vorigen betragen, aber von hundert Dräthen aus auf die Magnetnadel wirkend, und die Totalwirkung dieselbe bleiben, aber es wird keine Verstärkung eingetreten seyn. In beyden Fällen wird ein elektrisches Theilchen a nur während der Zeit dieses Durchströmens auf die Magnetnadel gewirkt haben, und wenn wir diese Zeit 1 nennen, wird also die Wirkung in dem Verhältnisse a 1 stehen. Nun wollen wir denselben Drath in einen Multiplicator von 100 Windungen verwandeln. Das elektrische Theilchen a wird in diesem Falle, da der Canal gleichsam nicht breiter geworden ist, auf dem ganzen Wege dieselbe Spannung beybehalten, es wird durch die ganze Länge des Drathes gleich-

sam derselbe Strom bestehen, wie vorher durch den einzelnen Drath, der Strom wird also von hundert Drähten aus eben so stark auf die Magnetnadel wirken, als von dem einzelnen Drathe aus, oder das Theilchen a, welches vorher nur eine Zeiteinheit hindurch wirkte, wird, indem es durch die hundertfache Länge hindurchgeht, und immer in demselben Raumverhältnisse gegen die Magnetnadel bleibt, wie bey dem Durchgange durch die einfache Länge, hundert Zeiteinheiten hindurch auf die Magnetnadel wirken, und seine Wirkung wird also in dem Verhältnisse a 100 seyn. Diese Rechnung wird indessen nur unter der Voraussetzung gelten, daß diese Vermehrung der Länge des Canals kein merkliches Hinderniß für die Bewegung in den Weg legt. Ein Multiplicator wird demnach für einen gegebenen Galvanischen Apparat so lange fortfahren, durch die Vermehrung der Zahl seiner Windungen die Wirkung zu verstärken, so lange er noch nicht an der Gränze angelangt ist, wo seine Leitungsfähigkeit geringer geworden ist, als die des Galvanischen Apparats selbst, so lange also der Abfluß der Elektricität durch ihn eben so schnell erfolgt, als der Zufluß. Man begreift daher, warum bey einem kleinplattigen Apparat und sehr feinem Drathe die Multiplication durch die Vermehrung der Windungen noch wächst, wenn für den großplattigen Apparat diese Zunahme bereits ein Maximum erreicht hat, während bey Anwendung eines dicken Drathes die Multiplication auch für diesen nun noch weiter getrieben werden kann, weil der dickere Drath nun einen dem Zuflusse verhältnißmäßigen Abfluß gewährt. Man begreift ferner, warum die Vervielfachung der Plattenpaare bey Anwendung des Multiplicators so wenig Vortheil gewährt, oder warum man schon bey wenigen Plattenpaaren an der Gränze der Verstärkung angelangt ist, weil für den verstärkten Zufluß der Abfluß nun nicht mehr verhältnißmäßig groß genug ist, und also gleichsam freye elektrische Span-

nung in den Multiplicator eintritt, welche der elektro=magnetischen Wirkung stets hinderlich ist.

E.

Wirkung des elektrischen Stromes unabhängig von allen Leitern desselben an sich selbst betrachtet.

---

52. Da in allen bisherigen Versuchen der elektrische Strom seine elektro=magnetischen Wirkungen stets vermittelst des Leiters äußert, durch welchen seine Fortpflanzung im Raume vermittelt wird, und man also nie die Wirkungen des elektrischen Stromes an sich kennen lernt, vielmehr die Möglichkeit immer noch vorhanden ist, daß die elektro=magnetischen Wirkungen nicht eigentlich vom elektrischen Strome selbst ausgehen, sondern der Magnetismus gleichsam nur durch ihn in dem starren Leiter erregt wird, der nach seiner besondern Natur die Art und Stärke desselben bestimmt, so mußte es für die Theorie vom höchsten Interesse seyn, das magnetische Verhalten des reinen, gleichsam von allen Leitern unabhängigen elektrischen Stromes zu untersuchen. Diesen interessanten Versuch hat Hr. Davy angestellt*), nachdem Arrago**) früher zu demselben aufgefordert hatte. Die große Voltaische Batterie der Royal=Institution von 2000 Doppelplatten von Zink und Kupfer von 4 Zoll im Quadrat wurde mittelst Wasser, wovon 1168 Theile mit 108 Theilen Salpetersäure und 25 Theilen Schwe=

---

*) Gilb. Ann. 1822. II. 244.

**) Gilb. Ann. 1820. III. 322.

felsäure versetzt waren, zu diesem Behuf in Thätigkeit gesetzt. Die beyden Schließungsdräthe waren mit Kohlenstreifen versehen, und zwischen ihnen entstand ein Flammenbogen oder eine Säule elektrischen Lichtes, welche, je nachdem die Luft, worin sie hervorgebracht wurde, weniger oder mehr verdünnt war, eine Länge von 1 — 4 Zoll hatte. Als Davy dieser Säule einen mächtigen Magnet mit seinem einen Pole unter einem sehr spitzen Winkel gegenüberhielt, wurde sie von demselben mit einer rotirenden Bewegung angezogen oder abgestoßen, oder wenn er die Pole in verschiedene Lagen versetzte, zum Umherkreisen gebracht nach demselben Gesetze, nach welchem solche Magnete auf cylindrische Platinadräthe, welche auf zwey Messerschneiden von Platina beweglich liegen, und welche während des Durchgangs des elektrischen Stromes durch dieselben magnetisch geworden sind, wirkten. Als nehmlich das negative Ende der Batterie rechter Hand stand, wurde die Flammensäule von dem Nordpole des Magnets abgestoßen, und von dem Südpole angezogen, und in verkehrter Lage der Batterie fand das Gegentheil Statt. Daß diese Bewegung lediglich in dem Magnetismus ihren Grund hatte und nicht etwa darin, daß der Magnet durch Vertheilung elektrisch geworden wäre, bewiesen mehrere Versuche mit weichem Eisen und andern Metallen, mit welchen, statt des Magnets angewandt, die Wirkung ausblieb. Es wirkte auf die elektrische Säule der Magnet leichter und ihre Bewegung war schneller, wenn sie durch dichtere Luft hindurchging, als wenn die Luft verdünnt war. Davy unterließ in diesen Versuchen die Magnetnadel anzuwenden, und ihre Bewegungen durch diesen reinen elektrischen Strom zu prüfen. Doch zeigen sie dem Wesen nach dasselbe, da die Bewegungen in dieser Wechselwirkung immer reciproc sind, und die größere Beweglichkeit es entscheidet, auf welcher Seite die Bewegung auftreten werde.

F.

Einfluß der Entfernung der Magnetnadel vom Leitungsdrathe auf die Bewegungen derselben. Umkehrung der Declination durch bloße Entfernung.

53. Daß auch hier das Gesetz der Entfernung für die Verminderung der Einwirkung des Leitungsdrathes auf die Magnetnadel gelten werde, war zum voraus zu erwarten, und alle Versuche bestätigen es. Im Allgemeinen ist jedoch der Wirkungskreis des Leitungsdrathes auf die Magnetnadel sehr ausgedehnt. Seebeck*) fand bey einer einfachen Galvanischen Kette, wo jede der beyden Metallflächen ungefähr 107 Quadratfuß betrug, noch in 10 Fuß Abstand vom schließenden Stabe deutliche Einwirkung des Magnetismus des Apparats auf die Nadel. Bey dieser Gelegenheit machte dieser tief eindringende Physiker eine interessante Bemerkung. Eine einfache Galvanische Kette von Kupfer K, Zink Z und einer Säure werde durch einen mitten über die Platte liegenden Stab ab Fig. 18 geschlossen. Eine Magnetnadel, unter diesen Stab gestellt, wird bey der in der Figur angegebenen Stellung des Apparats, wo der elektrische Strom in dem verbindenden Stabe von Norden nach Süden fließt, mit dem Nordpol östlich decliniren, oberhalb westlich. Man führe nun die unterhalb gestellte Boussole in der Horizontalebene nach Osten oder nach Westen fort, so bleibt die Declination östlich, nur nimmt sie in dem Verhältnisse ab, als man sich weiter von dem Stabe entfernt. Man stelle nun die Magnetnadel oberhalb des Stabes und führe sie in der Horizontalebene nach Osten und nach We-

*) Schw. N. J. II. 31.

sten fort, so nimmt die westliche Declination, welche mitten über dem Stabe am stärksten ist, sehr schnell ab, und wird an einem bestimmten Puncte Null; über diesen hinaus wieder östlich. Je näher dem Stabe der Punct über demselben liegt, von dem man ausgeht, desto kleiner ist der Raum nach Osten und nach Westen zu, innerhalb dessen die Declination westlich bleibt, desto früher tritt der Nullpunct ein, und über diesen hinaus östliche Declination. Zieht man durch alle diese Nullpuncte, wo die Nadel in verschiedenen Höhen über dem Stabe sich wieder in den magnetischen Meridian stellt, eine Linie, so erhält man eine Curve, welche eine Hyperbel zu seyn scheint. Nur innerhalb dieser Curve findet westliche Declination Statt, außerhalb derselben aber überall östliche; die westliche Declination ist also auf einen viel kleinern Raum beschränkt, als jene. Auf die von Seebeck gegebene Erklärung dieser Umkehrung der Declination werden wir unten im theoretischen Theile zurückkommen.

IX.

Erregung des Magnetismus in unmagnetischem Eisen und Stahl durch den Galvanischen Strom. Wirkung schraubenförmig gewundener Leitungsdräthe auf Nadeln, die innerhalb und außerhalb der Schraubenwindungen sich befinden. Gesetz für die Vertheilung der magnetischen Pole unter diesen Umständen. Ueber die Bedeutung gewisser krummer Linien in dem elektromagnetischen Processe.

---

54. Da der elektrische Strom eines Leitungsdrathes so mächtig auf bereits magnetisches Eisen — die Magnet-

nadel — einwirkt und in dieser Wirkung polare Gegensätze, was Declination, Inclination und Anziehung und Abstoßung betrifft, zeigt, so mußte sich gleich vom Anfange an der Gedanke aufdringen, den Leitungsdrath selbst als einen Magnet zu betrachten, und diese Ansicht durch alle Verhältnisse zu prüfen, in welchen sich der Magnetismus von Magnetstäben thätig erweist. Drey Classen solcher Verhältnisse waren es vorzüglich, die einer näheren Untersuchung werth waren, durch deren Nachweisung am Leitungsdrathe die vollkommene Uebereinstimmung der bisher betrachteten Thätigkeit mit der magnetischen außer Zweifel gesetzt werden mußte, und die Art der Vertheilung des Magnetismus in demselben zugleich näher aufgeklärt werden konnte, nehmlich:

1) seine Wirkung auf unmagnetisches Eisen und sein Vermögen in diesem selbst den Magnetismus hervorzurufen, und gleichsam in demselben permanent zu machen; 2) das Verhalten von Leitungsdräthen gegen einander und gegen Magnetstäbe, wenn sie selbst unter verschiedenen Formen die beweglichen Körper waren; 3) ihr Verhalten unter dieser letztern Bedingung gegen den Erdmagnetismus, oder ihre Richtungsfähigkeit durch denselben in bestimmte Lagen, gemäß der Lage ihrer magnetischen Axe und der Vertheilung ihrer Pole.

Oersted selbst hat in seiner ersten Ankündigung diese Verhältnisse durch keine Versuche erläutert, und überall auf sie nicht hingewiesen. Auch Poggendorf dehnte seine Versuche nicht über die Sphäre aus, auf welche sich das Oerstedische Programm beschränkt hatte. Dagegen faßten Ermann und Schweigger den Gegenstand gleich treffend aus diesem Gesichtspuncte auf; in einem noch größeren Umfange verfolgte aber Ampère diese wichtige Forschung, und trug eben damit am meisten zur Erweiterung und Aufklärung dieser dunkeln Lehre bey. Außerdem verdanken wir in die-

ser Hinsicht viele interessante Thatsachen den Bemühungen eines Arrago, H. Davy, Schmidt in Gießen u. A.

55. Was nun das erste Verhältniß betrifft, so scheint Arrago derjenige gewesen zu seyn, der es zuerst gehörig beachtete. Er bemerkte nehmlich*) sogleich, daß der Leitungsdrath im Augenblicke der Schließung der Kette Feilspähne von weichem Eisen eben so anzog, wie dieß ein wirklicher Magnet gethan haben würde. Wurde der Drath in Feilspähne getaucht, so belud er sich mit ihnen ringsum, so daß er an Dicke bis zu der eines gewöhnlichen Federkiels zunahm. Sobald er aufhörte, mit beyden Polen der Säule zugleich in Verbindung zu seyn, ließ er die Feilspähne fallen. Mit der Abnahme der Wirksamkeit der Säule nahm diese Anziehung schnell ab. Diese Anziehung der Eisenfeile fand auch schon aus der Ferne Statt; — auch wirkten in dieser Hinsicht Dräthe von Platina, Kupfer, Silber, Messing auf ganz gleiche Weise. Seebeck**) machte auf die Art der Anlagerung der Eisenfeile um die Schließungsdräthe aufmerksam, und fand besonders darin eine Bestätigung seiner Ansicht von der Vertheilung des Magnetismus in denselben. Die Eisenfeilspähne bilden nehmlich, wenn die Kette stark genug wirkt, concentrische Ringe um den vertical stehenden Stab. Ueber oder unter dem horizontal liegenden Stabe ordnen sich dagegen die Feilspähne in parallele, perpendiculär auf den Längendurchmesser desselben stehende Linien. Seebeck bewaffnete einen viereckigen Schließungsstab, von dessen Seitenflächen jede $4\frac{1}{2}'''$ breit war, mit zwey eben so breiten und 5" langen Schienen von weichem Eisen, welche kleine Stollen hatten, in der Art armirt, wie man Magnetsteine zu armiren pflegt. So vorge-

*) Gilb. Ann. 1820. III. 311.

**) Schw. N. R. II. S. 30.

richtet, trug der Kupferstab an den Stollen einen Anker von weichem Eisen, dessen Gewicht 2 Drachmen und 10 Gran betrug, doch nur so lange, als die Kette geschlossen war. Ermann stellte an seinem Rotationsapparate (s. u.) mit Eisenfeile ähnliche Figuren dar, wie sie Brugmans an seinem Transversalmagnete erhalten hatte. Faraday spürte gleichfalls wie Seebeck der Vertheilung des Magnetismus in Leitungsdräthen von verschiedener Form durch ihre Wirkung auf Eisenfeile nach. In einem zu einer ebenen Spirale gewundenen Schließungsdrathe zeigte sich, nach dieser Prüfungsart zu urtheilen, die magnetische Kraft sehr verstärkt, und wenn die Spirale nicht ganz bis zum Mittelpuncte fortlief, äußerte der innere Rand eine merklich größere Kraft sowohl auf den Pol einer Magnetnadel, als auf Eisenfeile. Legt man eine solche Spirale, durch welche der elektrische Strom eines wirksamen Elektromotors sich ergießt, mit ihrer ebenen Seite auf einen Haufen Eisenfeile, so reiht sich diese in Linien, welche die Zwischenräume der Spirale einnehmen, parallel der Axe des Rings, und sich dann an beyden Seiten als Strahlen und nach den Kanten zu zusammenschließen, wo sie sich vereinigen, so daß sie genau die Linie darstellen, welche ein Magnetpol um die Seiten der Ringe beschrieben haben würde. Dabey stehen die Eisenfeilspähne, welche sich in der Axe des Rings befinden, aufrecht lothrecht in ½″ langen Fasern eine wahre Axe des Rings bildend, und weder hierhin noch dorthin strebend, indeß die intermediäre Portion ebenfalls lange Fasern bildet, die sich vom Centrum abwärts bewegen, desto stärker, je weiter sie von demselben entfernt sind*). Auch Schmidt zu Gießen verfolgte diese Versuche, um dadurch die verborgene Vertheilung des Magnetismus im Leitungsdrathe mehr ins Licht

*) Gilb. Ann. 1822. II. 160.

zu setzen. Unter andern bog er einen steifen Silberdrath in die Gestalt einer Spirale, deren einzelne Windungen $\frac{1}{2}$" von einander abstanden. Von dem Ende der innern Windung lief ein geradliniges Drathstück über die Hälfte der Spirale, ohne sie zu berühren nach dem Kupferpole, und von dem Ende der äußern Windung ein anderes Drathstück nach dem Zinkpole. Wurde nun Eisenfeile gleichförmig auf eine Glastafel gestreut, und diese in eine Entfernung von $\frac{1}{2}$—1 Zoll (je nach der Stärke der Wirkung des Apparats) parallel unter die Spirale gelegt, und dann in kurzen Unterbrechungen die Galvanische Kette geöffnet und wieder geschlossen, so fuhren bey jeder neuen Schließung die Eisentheilchen nach der Spirale, besonders nach der innern Windung derselben, in die Höhe, und bildeten, indem sie sich an die Windungen der Spirale und an einander anhingen, einen hohlen, abgestumpften kegelförmigen Ring, dessen untere Basis die Glastafel und dessen abgestumpftes Ende am Ringe der Spirale ist. Wurde auf eine Glastafel oder auf ein Blatt steifes Papier recht gleichförmig feine Eisenfeile gesiebt, die Glastafel dicht über die Spirale gehalten, und beym Schließen der Kette sanft an die Tafel geklopft, so ordnete sich die Eisenfeile auf ihr zu einem schönen Stern, dessen Mittelpunct mit der Mitte der Spirale zusammenfiel, und dessen Strahlen senkrecht auf die Windungen der Spirale standen.

56. Wenn nun schon diese Art der Einwirkung des Leitungsdrathes auf Eisenfeile zu der Annahme berechtigte, daß derselbe in indifferentem Eisen den Magnetismus mit seinen beyden Polen hervorzurufen im Stande sey, so ist diese Kraft desselben und der damit gegebene Beweis einer wahrhaft magnetischen Kraft des Leitungsdrathes, oder vielmehr des elektrischen Stromes in demselben, außer allen Zweifel gesetzt durch die Versuche über die Hervorrufung eines dauernden Magnetismus in dem dazu geschickten Eisen, namentlich in Stahlnadeln, Versuche, welche um so

wichtiger sind, da sie über die Vertheilung des Magnetismus in den Schließungsdräthen ein vorzügliches Licht verbreiten.

Unter den Deutschen hat Seebeck Versuche dieser Art zuerst mit Erfolg angestellt, und zugleich für die Theorie des Elektromagnetismus ein wichtiges Gesetz gewonnen. Er fand nehmlich, daß, wenn man Stahlnadeln quer an einem Kupferstabe streicht, durch welchen der elektrische Strom sich ergießt, diese Nadeln bleibend magnetisch werden, und die Vertheilung der Pole in diesen Nadeln auf eine gesetzmäßige Weise mit der Richtung des elektrischen Stromes und derjenigen, nach welcher man streicht, verknüpft sey. Geht nehmlich die Richtung, in welcher man streicht, in Beziehung auf den elektrischen Strom (diesen in unserm oben festgesetzten Sinne genommen), von der Rechten zur Linken, so hat das Ende, womit man zu streichen aufgehört hat, das also zuletzt abgezogen wird, stets einen Südpol, das entgegengesetzte den Nordpol, bey der entgegengesetzten Richtung des Streichens hat das zuletzt gestrichene oder weggezogene Ende dagegen den Nordpol. Um den Sinn dieser Bestimmung, namentlich des Rechts und Links recht zu verstehen, muß man sich dabey in den Strom selbst hineindenken, mit dem Gesichte nach der Nadel gekehrt. Dazu ist also nöthig, daß, wenn man die Nadel rund um den Schließungsdrath herumführt, man sich gleichsam immer selbst in Gedanken mit herumwälze. Denkt man sich, statt in den Drath selbst hinein, außer dem Drathe und die Nadel zwischen diesem und sich, so daß man gleichfalls mit dem Gesichte stets gegen sie gekehrt ist, so verwandelt sich für den Südpol die obige Bestimmung von der Rechten zur Linken, in eine von der Linken zur Rechten, und so auch für den Nordpol in die entgegensetzte; denn indem man, um die zweyte Lage anzunehmen, sich von dem Rücken auf den Bauch gewälzt hat, haben sich die Richtungen von

links zu rechts mit umgekehrt. Es folgt aus dem Angegebenen, daß, wenn man die Nadel auf diese Art um den Schließungsdrath bald in der einen, bald in der andern entgegengesetzten Richtung herumführt, die zuletzt abgezogenen Enden stets dieselbe magnetische Polarität, aber entgegengesetzte zeigen werden. Wenn man richtig nach der Analogie annimmt, daß das abgezogene Ende seine magnetische Polarität der entgegengesetzten im Schließungsdrathe, die im Augenblicke, wo abgezogen wurde, und in der Richtung, in welcher man abzog, auf dieses Ende gewirkt hatte, verdanke: so folgt daraus unmittelbar, daß eigentlich jeder Punct in der magnetischen Atmosphäre, welche den Stab erfüllt und umgibt, Nordpol und Südpol zugleich ist, daß aber diese Magnetpole in ihrer Thätigkeit nach außen nach entgegengesetzten Richtungen gekehrt sind, so daß alle von der Axe des Stabs ausgehenden Radien in der perpendiculär auf den Längendurchmesser des schließenden Drathes stehenden Ebene nach der einen Seite zu als Nordpol, nach der andern Seite zu als Südpol anzusehen sind, — ob der schließende Drath rund oder viereckig, oder von welcher Form er ist, ändert Nichts in der Sache. — Auch braucht man bey stark wirkenden Säulen oder einfachen Ketten die Stahlnadeln nicht auf dem Stabe selbst zu streichen, sondern sie werden schon in einigem Abstande darüber hingeführt, auf die angegebene Weise magnetisch.

57. Unter den Franzosen hat zuerst Arrago ähnliche Versuche angestellt, aber er sowohl, als besonders Ampère, haben dem Gegenstande eine neue wichtige Seite abgewonnen. In der Sphäre des Elektromagnetismus spielen nehmlich gewisse Bildungen des Schließungsdrathes eine wichtige Rolle, die hier eine nähere Betrachtung verdient. Man könnte diese krummen Linien, in welchen sich der Schließungsdrath windet, die, indem sie dem elektrischen

Strome eine bestimmte Bahn anweisen, seine Kraft und besonders die Richtung derselben auf eine merkwürdige und gesetzmäßige Weise modificiren, die dynamischen Linien nennen. Es sind dieselben Linien (Bildungsformen), welche auch in der organischen Natur, namentlich in der Bildung der Gefäße der Pflanzen (Spiralgefäße, Treppengänge), der Gehäuse der Schaalthiere, der Sinnorgane der höhern Thiere (namentlich im Gehörorgane, in der Bildung der Riechnerven) gleichsam ihre Kraft ausüben, und von so wichtiger Bedeutung sind, und auch dadurch jenen von mir gewählten Namen rechtfertigen. — Diese krummen Linien und Bildungen sind die Schraubenlinie und Spirale. Um sich über ihren Einfluß auf die elektro-magnetischen Erscheinungen und ihre Benutzung zur weitern Aufklärung seines geheimen Wesens besser zu verständigen, müssen wir einige Erläuterungen vorangehen lassen, durch welche mehrere Bestimmungen, die sich auf sie beziehen, für die Anschauung fixirt werden. Ich entlehne sie aus Gilberts Annalen, der demselben Bedürfnisse für seine Leser dadurch abgeholfen hat. Herr Gilbert bemerkt sehr richtig, daß diese näheren Bestimmungen etwas bloß Conventionelles sind, was jedoch den nachfolgenden Regeln gemäß allgemein angenommen ist.

1) Links gewunden nennt man eine Spirale, die horizontal vor uns liegend und von außen nach innen in ihren Windungen verfolgt diese nach dem Körper zuwärts von rechts nach links macht. Es versteht sich von selbst, daß, wenn man diese Spirale lothrecht vor uns hingestellt denkt, die Windungen nach dem Körper zuwärts sich in nach unten, und die vom Körper abwärts in nach oben gehende verwandeln, und die Spirale dann eine linksgewundene ist, wenn man beym Verfolgen der Windun-

gen von außen nach innen in der untern von der rechten nach der linken Seite fortschreitet.

2) Links gewunden nennt man eine Schraube, die, wenn sie aufrecht, d. h. mit ihrer Axe lothrecht vor uns steht, und von unten nach oben verfolgt wird, in den Theilen der Windungen, die nach dem Körper zuwärts liegen, von rechts nach links geht. Wird also diese Schraube horizontal mit ihrer Axe von dem Körper abwärts gehend gelegt, und in dieser Richtung, d. h. von dem Körper ab nach vorne verfolgt, so bewegt man sich in den obern Theilen der Windungen von rechts nach links.

3) Beschriebe man sie in einer unveränderten Lage rückwärts von dem vordern Ende nach dem Körper zuwärts, so würde man sich in den obern Theilen der Windungen von links nach rechts bewegen, dagegen wie vorhin von rechts nach links, wenn man sie zuvor umdrehte, so daß man wieder von dem Körper abwärts die Windungen verfolgte.

Es versteht sich nach dieser Bestimmungsart von selbst, daß bey Verfolgung von elektrischen Strömen in Spiralen und Schraubengängen das Rechts- und Links-gewundene durch die Richtung des elektrischen Stromes von dem Puncte an, in welchem er eintritt, angezeigt wird, indem diese Richtung und Fortbewegung gleichsam die Bewegung des Fingers darstellt, wobey man sich dann in Gedanken mit dem Anfangspuncte des Stromes in die oben angegebene Lage gegen die Spirale oder die Schraube zu versetzen hat, woraus dann auch folgt, daß derselbe Strom, der z. B. von Norden her in eine für diesen Anfangspunct rechts oder links gewundene Schraube eintrat, sich, wenn die Schraube unverändert bleibt, auch wenn der Strom von Süden her oder in der umgekehrten Rich-

tung eintritt, gleichfalls noch in einer und derselben unverändert gebliebenen rechts oder links gewundenen Schraube oder Spirale sich bewegen wird. Nach diesen vorläufigen Erläuterungen können wir uns nun zu den Versuchen selbst, welche mit solchen schrauben- oder spiralförmig gewundenen Leitern angestellt worden sind, wenden.

58. Arrago war, wie schon oben bemerkt ist, der erste, welcher Versuche dieser Art gemeinschaftlich mit Ampère anstellte, welcher seiner schon damals von ihm aufgestellten Theorie der wahren Beschaffenheit eines Magnets gemäß den Erfolg so voraussagte, wie ihn auch wirklich der Versuch ergab. Unmagnetische Stahlnadeln in Papier eingewickelt und in schraubenförmig gewundene Leitungsdräthe gelegt, so daß sie von den Schraubengängen umkreist waren, wobey, um die Wirkung des Erdmagnetismus so viel möglich zu vermeiden, der schraubenförmige Theil des Draths während des Versuchs in einer auf den magnetischen Meridian senkrechten Lage sich befand, nahmen in kurzer Zeit sehr starken Magnetismus an. Die Lage der Pole wird durch die Beschaffenheit der Schraubenwindungen bestimmt. In der rechts gewundenen Schraubenspirale liegt nehmlich der Nordpol stets nach der Seite hin, wohin der Strom sich bewegt, also nach der Kupferseite der Voltaischen Säule hin, der Südpol nach der entgegengesetzten Seite hin, und zwar in Beziehung auf denjenigen Theil der Schraubenwindung, welcher auf die Nadel einwirkt, oder dessen Axe diese bildete. Man kann auf diese Weise eine Reihe mit einander abwechselnder Pole, sogenannte Puncta consecutiva, in einer und derselben Stahlnadel hervorrufen, ein Versuch, den gleichfalls schon Arrago angestellt hat, indem er in dem verbindenden Messingdrathe an drey verschiedenen Stellen schraubenförmige Windungen anbrachte, jede in einer Länge von 5 Centimetern, wovon die ersten rechts, die zweyten

links und die dritten wieder rechts gewunden waren, und zwischen sich geradlinige Theile des Draths hatten. Ein geradliniges Stück von einem 1 Millimeter dicken Stahldrathe, das so lang war, daß es von dem Anfange der ersten bis zum Ende der dritten Schraubenspirale reichte, steckte er in eine Glasröhre, und brachte diese in die drey Spiralen. Als nun der Galvanische Strom längs diesen Windungen umherkreiste, wurden die Theile des Stahldraths, welche sich in den Spiralen befanden, gerade so magnetisch, als hätten sie von einander getrennt in den Spiralen gelegen; denn dieser Drath zeigte, als er untersucht wurde, an einem Ende einen Südpol und 5 Centimeter weiter einen Nordpol, an dem nächst daran stoßenden Ende der zweyten Abtheilung noch einen Nordpol, und 5 Centimeter davon einen Südpol, zunächst daran wieder einen Südpol und 5 Centimeter weiter am andern Ende einen Nordpol. Herr Arrago konnte dagegen in einer unter einem geradlinigen Schließungsdrathe befindlichen und damit parallelen Stahlnadel auch durch einen sehr kräftigen elektrischen Strom keine Spur von Magnetismus hervorrufen.

59. Aehnliche Versuche über die Magnetisirung von Nähnadeln durch dergleichen schraubenförmig gewundene Schließungsdräthe unter mannichfaltig abgeänderten Umständen sind später im November 1820 und im Januar und März 1821 von einer Gesellschaft italienischer Physiker, Gazzeri, Professor der Chemie an dem Hospitale von St. Maria nuova, dem Marchese Ridolphi, Antinori und dem Grafen Bardi zu Florenz angestellt worden, welche in dem 16ten Bande der Bibliotheque universelle S. 101 ausführlich beschrieben sind, und von denen ich nur diejenigen hier aushebe, die noch ein eigenthümliches Interesse haben. Ihr Voltaischer Apparat war ein äußerst kräftiger Kastenapparat von zwey kupfernen Zellen, welche mit Wasser und $\frac{1}{60}$ Schwefelsäure gefüllt waren, und jede mit einer Zinkplatte

von 507½ □ Zoll versehen war, so daß also 4056 □ Zoll Zink- und Kupferfläche in Wirksamkeit waren. Eine gewöhnliche Nähnadel wurde mittelst dieses Apparats in einer Minute in der Axe eines schraubenförmig gewundenen Schließungsdrathes eben so magnetisch, als durch eine zwey Minuten hindurch dauernde Wirkung. Sie wurde es auch dann, wenn sich der Schraubendrath und die Nadel unter Wasser, oder in zerstoßenem Eise, oder mit Schwefeläther begossen, oder mit Wasser, das beym Schließen schmolz, umgeben befanden, oder wenn die Nadel in einer Glasröhre eingeschlossen und diese an beyden Enden verschlossen war. Als man die Schließungskette zu beyden Seiten der Schraube so verlängerte, daß sie 100″ Länge hatte, wurde dadurch in der magnetisirenden Wirkung Nichts geändert. Enge Schraubendräthe erhitzten sich stark, weite nicht, und magnetisirten doch in ihnen befindliche Nadeln. Gerade so wirkte ein schraubenförmiger Zinkstreifen. Auch wenn die Schraubengänge eines Draths einander so nahe waren, daß kein Licht zwischen ihnen hindurchging, und sie gleichsam eine Röhre bildeten, wurden die Nadeln in ihnen magnetisch. Sie wurden es gleichfalls in einem von außen mit einem Stanniolblatt umgebenen Spiraldrathe, dagegen nicht in einem Blechcylinder, der einen Theil des Schließungsleiters ausmachte. In einer dünnen Messingröhre, in den Schraubendrath gebracht, wurde die Nadel so stark magnetisch, daß sie von selbst nach dem nächsten Pole des elektromagnetischen Apparats hinschlüpfte, welches nicht geschah, wenn sie sich in einer Glasröhre in demselben Schraubendrathe befand. Auch in einem cylindrischen Stück Kohle, in einen schraubenförmigen Schließungsdrath gebracht, wurde sie stark magnetisch. In einem dreyeckig oder viereckig gewundenen Schraubendrathe, der durch Umwicklung eines dreyseitigen Prisma oder Parallelepipedons gebildet wurde, wurde die Nadel so gut magnetisch, wie in einem cylindri-

schen; dagegen wurde die Nadel nicht magnetisch, als man sie an einem in Zik=zak=Form hin= und hergebogenen Leitungsdrath befestigte, auch nicht, als drey solche Leitungsdräthe zu einer Art von dreyseitigem Prisma vereinigt wurden, in dessen Inneres man die Nadel brachte, auch nicht in einer Art von Drathgewebe, die aus lauter in gleicher oder auch in entgegengesetzter Richtung gehenden Dräthen gebildet war. Die Verfasser bestätigten auch durch ihre Versuche den Einfluß der rechts= und linksgewundenen Schraubengänge auf die Lage der Pole der Nadel, wobey ich bemerke, daß es kein von diesen verschiedener Fall ist, daß die Pole der Nadeln eine entgegengesetzte Lage hatten, wenn mit demselben Ende der Nadel das eine Mal der Kupfer=, das andere Mal der Zinkpol des elektromotorischen Apparats in Verbindung gesetzt wurde. Auch fanden sie Ampères Versuche über die Puncta consequentia der Nadeln bestätigt. Bey Anwendung eines doppelt so kräftigen Apparats des Marchese Ridolphi, als der oben angegebene, der aus 4 solchen Zellen bestand, wurde eine Nadel in einem schraubenförmigen Schließungsdrathe in 30 Secunden stark magnetisch; als aber die Leitung durch einen Wasserzersetzungs=Apparat unterbrochen wurde, zeigte sich auch innerhalb fünf Minuten keine Spur von Magnetismus in der Nadel. Durch die Vereinigung der beyden großplattigen Apparate kamen zwey zugespitzte Kohlenstreifen, die sich an den Enden zweyer zum Schließen bestimmter Messingdräthe befanden, wenn sie einander sehr nahe gebracht wurden, in ein sehr lebhaftes, anhaltendes Glühen. Es wurde der *eine* der beyden schließenden Messingdräthe an einer Stelle schraubenförmig gewunden und mit einer Stahlnadel versehen, diese blieb aber unmagnetisch, ohngeachtet die Kohlenstreifen zum Glühen gekommen waren. Auch schon in einer einzigen Windung wurden die Nadeln magnetisch, und zwar eben so gut in derjenigen eines glühenden feinen Pla=

tinadrathes, als in der eines sich nur wenig erhitzenden Messingdrathes. Nadeln an der Außenseite eines schraubenförmigen Messingdrathes (oben, unten, oder an einer der Seiten) zu magnetisiren, gelang Herrn Gazzeri, der dieses mit seinem Apparate versuchte, nicht anders, als wenn zugleich eine Nadel in demselben vorhanden war, in welchem Falle die Pole der Nadeln eine entgegengesetzte Lage hatten. Herr Gazzeri schließt daraus, daß die äußere Nadel bloß durch die Wirkung der innern auf gewöhnliche Weise magnetisch werde. Indessen wird allerdings auch an der Außenseite eines Schraubengangs eine mit der Axe desselben in gleicher Richtung sich befindende Nadel für sich allein durch Anwendung kräftigerer Apparate magnetisch, und die entgegengesetzte Lage der Pole hat denselben Grund mit der entgegengesetzten Abweichung einer Magnetnadel, wenn sie bey Anwendung eines Multiplicators das eine Mal innerhalb desselben, das andere Mal oberhalb oder unterhalb gebracht wird. Auch ist es vorzüglich die in Beziehung auf die Längenaxe der zu magnetisirenden Nadel quer, oder diese unter einem rechten Winkel durchschneidende Richtung des elektrischen Stromes (unter welche Kategorie die die Nadel umkreisenden Ströme des Schließungsdrathes zu bringen sind), welche den Längenmagnetismus in der Nadel hervorruft, während der mit der Längenaxe der Nadel in gleicher Richtung laufende Strom einen kaum wahrzunehmenden Transversalmagnetismus in derselben erzeugt. Dieß zeigten schon die gleich im Anfange von Seebeck angestellten oben angeführten Versuche und bestätigten noch fernere Versuche jener italienischen Physiker, so wie die einiger holländischen Physiker und ähnliche von H. Davy. Letzterer befestigte an einem 11 Zoll langen und $\frac{1}{30}$ Zoll dicken Silberdrath mittelst feinen Drathes derselben Art Stahlnadeln in verschiedenen Richtungen, einige derselben parallel, andere mehr oder weniger in die Quere, theils über, theils

unter demselben, brachte diesen Drath in den Schließungskreis einer Batterie von dreyßig Paaren Platten, jede 9" lang und 5" breit. Alle Nadeln zogen, so lange sie in Verbindung mit dem Leitungsdrathe während des Durchgangs des elektrischen Stromes waren, Eisenfeile an, aber nur die in der Quere befestigten zeigten Polarität, auch abgesondert von dem Drathe, und zwar waren die Pole, wie sich erwarten ließ, dem oben entwickelten Gesetze gemäß gelegen, so nehmlich, daß, wenn man sich in dem elektrischen Strom selbst mit dem Kopfe vorwärts gerichtet und mit dem Gesichte oder der Bauchseite nach den Nadeln gekehrt denkt, der Nordpol stets links vom elektrischen Strome gelegen ist, dieser Strom mochte übrigens an sich betrachtet eine Richtung haben, welche er wollte*). Uebrigens zeigte sich die gleiche Wirkung des Schließungsdrathes auf die der Quere nach an ihm befestigten Nadeln, ob sie nun in horizontaler, oder lothrechter, oder in jeder andern Zwischenlage an demselben befestigt waren. Auch war unmittelbare Berührung des Schließungsdrathes nicht nothwendig; schon bey bloßer Nähe, selbst wenn dicke Glasplatten zwischen den Nadeln und dem Drathe sich befanden, zeigten sich die Nadeln magnetisch, und im letzteren Falle eben so stark, als wenn die Glasplatten entfernt wurden.

Ganz anders verhält sich aber die Sache, wenn die Nadeln, Stahlcylinder u. dergl. selbst einen Theil des schließenden Bogens ausmachen, so daß der elektrische Strom durch sie hindurchzugehen gezwungen ist, ohne einen Weg neben ihnen zu haben, ein Fall, der sehr verschieden ist von demjenigen, wo zwar die Nadeln in unmittelbarer Berührung, selbst durch feinen Drath daran befestigt, sich befinden, der elektrische Strom aber neben ihnen noch seinen ununter-

---

*) Gilb. 1823. II. 228. 229.

brochenen Fortgang hat. Stahlstäbe, die Galvanische Kette schließend, werden auf die gewöhnliche Weise magnetisch, wie alle andere Schließungsdräthe, sie bewirken wie diese und nach demselben Gesetze die Abweichung der Magnetnadel, im Augenblicke des Aufhörens der elektrischen Strömung haben sie aber, gleich allen andern Schließungsdräthen, jede Spur von Magnetismus verloren. Stahlstäbe, welche bereits gewöhnlichen Magnetismus nach ihrer Längenaxe vertheilt besitzen, verlieren sogar beym Durchgange des elektrischen Stromes denselben, und treten als unmagnetischer Stahl aus der Kette hervor. Hierher gehören auch Poggendorfs frühere Versuche, welche erweisen, daß der Magnetismus von Magnetstäben, die in die Kette gebracht worden, in den Wirkungen des elektrischen Stromes auf Magnetnadeln Nichts veränderte, wenn nur durch hinlängliche Entfernung die Vorsicht beobachtet wurde, daß dieser Magnetismus für sich allein nicht wirken konnte. Namentlich fand derselbe Erfolg Statt, ob der sonst sehr kräftige Magnetstab mit seinem Nordpole oder Südpole dem positiven oder negativen Metalle (dem Eintritte oder Austritte des elektrischen Stromes) zugekehrt war. Es findet also, wie sich Poggendorf ausdrückt, keine Spur von Sättigung der Polaritäten des Voltaischen und siderischen Magnetismus Statt, obgleich der ziemlich kräftige Magnetstab eine Unterjochung des schwachen Magnetismus der Kette erwarten ließ.

X.

Wirkung von Magneten auf Leitungsdräthe. Anziehung und Abstoßung letzterer durch erstere. Wirkung des Erdmagnetismus auf Leitungsdräthe. Richtung derselben in den magnetischen Meridian und Inclinationsphänomene, welche sie zeigen.

60. Da jede Wirkung in der Natur eine Wechselwirkung ist, und da namentlich bey Anziehungserscheinungen, wo nur der eine Körper eine wirkliche Bewegung zeigt, der ruhende nur ein relativ ruhender wegen seiner Befestigung oder größeren Masse ist, vermöge welcher er gleichsam als der herrschende Mittelpunct der Anziehung erscheint: so mußte die Anwendung dieses allgemeinen Naturgesetzes auch auf diese Erscheinungen sich jedem nachdenkenden Naturforscher gleich vom Anfange an aufdringen, und wenn gleich der erste Entdecker nur von Bewegungserscheinungen der Magnetnadeln, in Beziehung auf unbewegliche Leitungsdräthe, gehandelt hat, so lag doch der Schritt ganz nahe zu Versuchen über Bewegungserscheinungen der Leitungsdräthe, wenn sie unter Umständen sich befanden, unter welchen solche Bewegungen eintreten konnten, ohne daß die wesentliche Bedingung alles Elektromagnetismus — Fortdauer des elektrischen Stromes — dadurch aufgehoben wurde. Diese Versuche mußten ein besonderes Interesse gewähren, weil nur auf diese Weise die vollkommene Reciprocität beyderley Arten von Kräften, die des Elektromagnetismus und des gewöhnlichen Magnetismus, dargethan werden konnte.

61. Schon Prof. Schweigger, von dem oben aufgestellten Grundsatze ausgehend, hing einen Platinadrath an

einem sehr feinen Seidenfaden über der Boussole auf, und ließ die beyden Spitzen desselben zwey getrennte Schalen voll Quecksilber berühren, durch welche er dann die Kette schloß. Die Magnetnadel wurde zwar abgestoßen, aber die Reibung des Platinadraths am Quecksilber war zu groß, als daß dieser sich selbst hätte bewegen können. Besser gelang der Versuch durch Vorrichtung von sehr beweglichen, auf feinen Spitzen von Messing schwebenden, messingenen Doppelnadeln, von welchen die eine mit der Zink=, die andere mit der Kupferplatte des einfachen Galvanischen Elements in Verbindung gesetzt, und die unter sich selbst durch einen feinen Drath in leitenden Zusammenhang gebracht wurden. Befand sich zwischen ihnen (die eine Nadel oberhalb, die andere unterhalb) eine Magnetnadel, so schwangen diese und die Doppelnadel in entgegengesetzter Richtung, jene nach Osten, diese nach Westen, oder umgekehrt, je nach der Richtung des elektrischen Stromes. Wurde statt der Magnetnadel ein festgehaltener Magnet genommen, so konnte durch diesen, je nachdem er von der einen oder der andern Seite, mit dem Nordpole oder Südpole genähert wurde, die Doppelnadel angezogen oder abgestoßen werden. In einer gewissen Stellung fand Indifferenz der Anziehung und Abstoßung Statt*).

62. In demselben Geiste, wie Schweigger, hat aber besonders Ampère diese Untersuchung aufgefaßt, nach allen Seiten verfolgt, und insbesondere durch eine sehr sinnreiche Anwendung seiner Theorie natürlicher Magnete, — von welchen er nehmlich voraussetzt, daß ihre magnetische Wirksamkeit von elektrischen Strömen abhänge, die sie in Ebenen, senkrecht auf ihre Axe, umkreisen (s. das Nähere unten), — Leitungsdräthe so vorgerichtet, daß sie einen gewöhnlichen

---

*) Schw. N. J. I. S. 8—9. f.

Magnet vollkommen nachbilden, dieselbe Art von Längenmagnetismus zeigen, und sich in jeder Hinsicht wie dieser, in Absicht auf Richtung und Bewegung, sowohl durch Einwirkung künstlicher Magnete, als durch den Erdmagnetismus, verhalten. Zu diesem Behuf wurde ein Messingdrath schraubenförmig um die beyden Glasröhren ACD und BEF Fig. 19 gewunden, und seine beyden Enden, das erste durch die eine, das andere durch die zweyte Glasröhre hindurchgeführt, kommen bey D und F heraus und gehen, das erstere DG lothrecht herab in das Quecksilber des darunter stehenden Bechers M, das andere lothrecht aufwärts und mittelst zweyer rechtwinklicher Kniee in das Quecksilber des Gefäßes N herab, welches auf dem Träger PCR steht. Beyde Dräthe endigen sich mit Stahlspitzen, und diese gehen in das Quecksilber, es steht aber bloß die obere Spitze auf dem Boden ihres Bechers N auf. Das Quecksilber in den beyden Bechern wird mit den entgegengesetzten Enden einer Voltaischen Säule in leitende Verbindung gesetzt. So lange nun der elektrische Strom durch diesen schraubenförmigen Leiter hindurchging, verhielt er sich in jeder Hinsicht wie ein gewöhnlicher Magnet, oder eine Magnetnadel, das eine Ende desselben zeigte Nordpolarität, das andere Südpolarität, und zwar lag der Nordpol, wenn man sich in die Richtung des elektrischen Stromes denkt, zur Rechten, der Südpol zur Linken. Diese Polaritäten offenbarten sich durch die Anziehung und Abstoßung, welche die Pole eines Magnets darauf ausübten; für die richtende Kraft der Erde hatte der Apparat indessen nicht genug Beweglichkeit, und diese Kraft wirkte an einem zu kurzen Hebelarme. In dieser Construction des Apparats ist das Zurückgehen des schraubenförmigen Drathes in gerader Richtung und zugleich in einer solchen, daß der elektrische Strom, wenn er den Drath durchströmt, durch die Schraubenwindungen eine entgegengesetzte Richtung hat, von besonderer Wichtigkeit, da von

den beyden Seitenkräften, in welche die in der Spiralrichtung wirkende magnetische Kraft des elektrischen Stromes des Schraubendrathes zerlegt werden kann, derjenige Theil, welcher längs der Glasröhre parallel mit der Axe geht, durch den im Innern der Röhre parallel damit, aber in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden Strom gleichsam völlig aufgehoben wird, und folglich nur der in die Quere, oder nach der Tangente des Glascylinders wirkende Theil der Kraft allein übrig bleibt, so daß alle Wirkung gleichsam von elektrischen Strömen abhängt, die in Ebenen, senkrecht auf die Axe der Röhre, kreisen. Ampère hat so construirte Galvanische Leiter vorzüglich zur Begründung und Erläuterung seiner Theorie vom Magnetismus und Elektromagnetismus gebraucht*).

63. Das einer Magnetnadel ganz ähnliche Verhalten eines schraubenförmig gewundenen Leitungsdrathes ist durch einen kleinen sinnreichen Apparat von de La Rives Erfindung weiter bestätigt worden. Er besteht aus einer Korkscheibe, durch welche zwey 2 Linien breite Streifen Zink und Kupfer so gesteckt sind, daß sie unten 1″, oben 2″ weit aus dem Korke hervorragen. Mit Seide dicht übersponnener Messingdrath, den man um eine 2‴ weite Röhre so gewunden hat, daß, wenn man diese herauszieht, derselbe eine Länge von etwa 6″ annimmt, bildet die Drathschraube, deren beyde Enden durch die Axe der Schraube nach ihrer Mitte zu zurück-, und hier durch zwey verschiedene Windungen herausgeführt sind. Die von der Seide befreyten Enden sind, das eine zu oberst an dem Kupfer-, das andere an dem Zinkstreifen, durch zwey- oder dreymaliges Umwickeln befestigt, und der Schraubendrath wird so gebogen, daß die Korkscheibe im Schwimmen nicht umschlägt. Setzt man

---

*) Gilb. Annalen 1821. I. 227.

diesen Apparat auf Wasser, das mit Salzsäure etwas säuerlich gemacht ist, so wird dadurch ein elektrischer Strom vom Kupfer- nach dem Zinkstreifen, der den ganzen Schraubendrath durchfließt, eingeleitet. So lange dieser Strom hindurchgeht, zeigt der Schraubendrath an dem einen Ende einen Nordpol, an dem andern einen Südpol, die von den Polen eines Magnets eben so angezogen und abgestoßen werden, wie die Pole jeder Magnetnadel. Der Nordpol liegt nach der entgegengesetzten Seite des Nordpols einer Nadel, die in dem Innern dieses Schraubendraths befindlich, durch den durchfließenden Strom Magnetismus erhalten würde, der Südpol dagegen nach demjenigen Ende, wohin der Nordpol einer solchen Nadel unter diesen Umständen hinfallen würde (vergl. oben Nr. 58)*). Diesen kleinen, lehrreichen Apparat hat Raschig noch verbessert**). Er wickelt den mit Seide umsponnenen Drath um einen Federkiel (als einen besonders leichten Körper, der größern Beweglichkeit des Apparats wegen), und zwar an beyden Enden mit 50 oder mehr recht dicht an einander liegenden Windungen, wobey der längere Zwischenraum zwischen diesen beyden Enden durch wenige, sehr weit von einander abstehende Spiralgänge eingenommen wird, die Enden des Draths, die sich sonach an beyden Extremen des Federkiels befinden, entblößt er, so weit es nöthig ist, von der Seide und verbindet das eine mit einem kleinen silbernen Becher, der mit säuerlichem Wasser gefüllt ist, das andere durch mehrmalige Umwicklung mit dem kleinen Zinkstreifen, der in die Säure eintaucht und unterhalb mit Löschpapier umwickelt ist, um in keine unmittelbare metallische Berührung mit dem Becher zu kommen. Die Aufhängung geschieht

---

*) Gilb. Annalen 1821. III. 81.

**) A. d. O. S. 207.

mittelst eines Fadens gewöhnlicher gedrehter Seide, dessen Enden man an den Enden des umwundenen Federkiels befestigt, und dessen Mitte man an den Faden offener Seide so hängt, daß dieser sich längs desselben ohne Schwierigkeit hin und her schieben läßt, zum Bewirken des Gleichgewichts des ganzen Apparats beym Aufhängen. Man füllt den kleinen Becher, nachdem Alles vorgerichtet ist, mit gehöriger Vorsicht. Gewöhnliches Scheidewasser mit 4—6fachem Gewichte Wasser verdünnt, gibt gute und ziemlich andauernde Wirkung. Außer jenen Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen bey der Einwirkung eines gewöhnlichen Magnets auf die Enden des Drathes, bemerkte Raschig deutliche Richtung durch den Erdmagnetismus. Der kleine Apparat stellt sich seiner Länge nach in den magnetischen Meridian mit dem einen Ende nach Norden, mit dem andern nach Süden, wobey er anfänglich Schwingungen wie die Magnetnadel macht. Im Anfange des Versuchs gingen auf jede Schwingung nur etwa 12 Secunden, später eine ganze Minute. Um dem Apparate mehr Beweglichkeit zu geben, darf man nur den Aufhängungsfaden gehörig lang machen. Dieser Apparat hat vorzüglich dadurch einen bedeutenden Vorzug vor dem de La Riveschen, daß in diesem die unter der Korkscheibe sich entwickelnden und ansammelnden Gasblasen bey ihrem Entweichen dem Apparate eine drehende und fortschreitende, von der Einwirkung des Magnetismus unabhängige, Bewegung ertheilen können.

64. Unabhängig von diesen Experimentatoren erkannte der scharfsinnige Ermann gleich im Beginne seiner Forschungen das Magnetisch-reciproke, was in der ganzen Galvanischen Kette sich finden müsse, und er stellte sogar an die Spitze seiner interessanten Abhandlung den Satz, daß man zu einer klaren Ansicht des elektrisch-chemischen Magnetismus nur dann gelangen könne, wenn man von den

Bewegungen einer frey schwebenden Galvanischen Kette ausgehe, die von einem dargebotenen Magnetpole angezogen oder abgestoßen wird, und zwar vorzüglich darum, weil weder diese Kette (?), noch der in freyer Hand gehaltene Magnet alsdann irgend eine tellurische Beziehung äußere, während bey der Prüfung des Elektro-Magnetismus durch Magnetnadeln stets die constante, tellurisch richtende Kraft der Boussole in die Erscheinungen mit verflochten sey. Zur Verfolgung dieser Untersuchung erdachte er sich einen höchst einfachen, von ihm sogenannten Rotations-Apparat, wo ein kleiner silberner Becher oder Tiegel, in welchen die verdünnte Säure gegossen wurde, durch eine Oeffnung des einen breitern Endes eines Pappstreifens hindurchgesteckt wurde. Längs dem Streifen wird oberhalb ein Streifen von Zink oder Stanniol, oder auch irgend einem Metalldrathe, hingeführt, der in genaue metallische Berührung mit der äußern Fläche des Bechers gebracht wird, und am andern Ende des Pappstreifens sich nach unten herumschlägt, unterhalb demselben in einiger Entfernung bis zum Becher und über diesen etwas hinaus, dann wieder in die Höhe geht, und sich oberhalb zurückschlagend mit einer etwas bedeutenden Masse Zink, die in die Säure eingetaucht, und deren Berührung mit den Wänden des Bechers sorgfältig vermieden ist, in Verbindung steht. Dieser sogenannte Rotationsapparat hängt mittelst vier Fäden oder eines Bügels von Drath an einem möglichst feinen und gehörig langen Metallfaden, wodurch die Drehung hinlänglich vermieden wird. Die Fig. 21 wird diese kurze Beschreibung von selbst verdeutlichen. Dieser Apparat war zu wenig beweglich, um durch den Erdmagnetismus gerichtet werden zu können (Herr Ermnan folgerte damals noch aus einer theoretischen Ansicht, daß überall keine richtende Kraft für den elektrisch-chemischen Magnetismus möglich sey), dagegen wurde dieser Apparat durch einen Magnet in auffallende Bewegung

versetzt, und zwar fand, je nachdem der Nord= oder Süd=pol von der rechten oder linken Seite des elektrischen Stromes her genähert wurde, Anziehung oder Abstoßung Statt. Im Allgemeinen zeigte sich, daß, in Beziehung auf denselben Pol und dieselbe Seite des Magnets, der einwirkte, sich immer die Erscheinungen umkehrten, oder in die entgegengesetzten, die Anziehung in Abstoßung, die östliche Abweichung in westliche verwandelten, wenn derselbe Pol das eine Mal innerhalb des Bogens (zwischen beyden Schenkeln des sich an dem einen Ende des Streifens umschlagenden Leitungsdrathes in X Fig. 21), das andere Mal außerhalb, oberhalb oder unterhalb dem Apparate, eben so, wenn das eine Mal an das eine, z. B. rechts gelegene Ende des gleichsam doppelarmigen Apparats, wo sich der Becher in der breitern Mitte eines sich nach beyden Seiten gleich ausdehnenden Pappstreifens befand, das andere Mal an das entgegengesetzte, links gelegene Ende, eben so, bey bestimmter Stellung des Apparats in Beziehung auf die Weltgegenden, z. B. mit dem Ende des Streifens nach Norden, mit dem andern Ende, wo der Becher sich befand, nach Süden gewendet, wenn derselbe Pol das eine Mal dem Ende des Streifens von Osten, das andere Mal von Westen her genähert wurde. Die Bewegung (als Anziehung oder Abstoßung, östliche oder westliche Abweichung) wurde bey der Einwirkung des entgegengesetzten Pols die gleichnamige, wenn die äußern Verhältnisse zugleich die entgegengesetzten waren. Besonders merkwürdig war der Gegensatz des Verhaltens eines solchen Rotationsapparats, wenn man die zwey Pole eines und desselben Magnets in entgegengesetzten Lagen auf das Ende des Streifens wirken läßt, wozu ein Hufeisenmagnet erforderlich ist. In der einen bestimmten Stellung des Hufeisens läuft die Rotationskette unaufhaltsam fort unter dem Zweige des Hufeisens weg, dem sie gerade am nächsten ist, und mit der Abweichung,

die dem Pole dieses Zweiges entspricht, ohne irgend eine wahrnehmbare Wirkung des andern Pols. Man wende nun das Hufeisen in das entgegengesetzte Azimuth, augenblicklich oscillirt die Kette von einem Pol zum andern, ohne je unter einem Zweig des Hufeisens wegzugehen. Die Schnelligkeit dieser Oscillationen ist natürlich sehr verschieden, nach Verschiedenheit der Länge des Pappstreifens, also des Hebelarms, auf dessen Ende die Pole des Hufeisens einwirken, der Stärke dieser Pole selbst. Diese Oscillationen halten aber nicht aus, jede folgende ist immer etwas kleiner, und nach relativ kürzerer oder längerer Zeit (höchstens eine Viertelstunde) ruht die Rotationskette in gleicher Entfernung zwischen beyden Polen. Nähert man ihr alsdann einen derselben ein wenig, so geht die Kette von ihm ab, woraus sich von selbst ergibt, daß sie in ihrer ruhenden Lage im Gleichgewicht zwischen den abstoßenden Kräften war, womit auch die Combination gegeben ist, wo allein diese Schwingungen Statt finden können, nehmlich dann, wenn die Pole respectiv so liegen, daß die durch sie bewirkte Abstoßungen beyde nach dem Innern des Hufeisens gerichtet sind. Sind die Abstoßungen nach außen gerichtet, so weicht die Kette augenblicklich aus, ohne jede Oscillation. Die vielen Combinationen, die Erman über dieses auffallende Phänomen anstellte, um fortdauernde Oscillationen zu erhalten, haben ihn nie etwas erblicken lassen, was wesentlich verschieden wäre von den Bewegungen einer transversal gestrichenen Nadel unter gleichen Umständen, so daß also aus diesen Versuchen, wie aus so vielen andern, ein Transversal-Magnetismus des Leitungsdrathes hervorgeht (vergl. die Theorien). Sehr wichtig war auch noch die Bemerkung Ermanns in Ansehung der Unwandelbarkeit und Fixität der Vertheilung des Magnetismus in dem Schließungsdrathe, daß sie nicht bloß ganz unabhängig von der Lage des Leitungsdrathes in Absicht auf den magnetischen

Meridian, sondern auch von der Einwirkung eines außerhalb befindlichen Magnets sey. Daß ein sehr kräftiger Magnet den dem seinigen zugewendeten feindlichen Pol einer Magnetnadel nicht bloß zu schwächen, sondern ganz umzukehren, in einen freundschaftlichen zu verwandeln im Stande sey, und Anziehung bewirke, wo man Abstoßung erwarten sollte, ist bekannt. Nicht so verhält es sich mit den Polen eines Leitungsdrathes, wie sie ein solcher Rotations-Apparat zeigt. Wie schwach auch der ihn durchfließende elektrische Strom und der davon abhängige Magnetismus sey, seine Pole (beurtheilt nach der anziehenden oder abstoßenden Einwirkung eines andern Magnets) behalten ihre Lage und Beschaffenheit unverändert, — auch wenn ein äußerst kräftiger Magnet dem ihm feindlichen Pol gegenübersteht, er vermag ihn nicht zu schwächen, vielweniger umzukehren. Der Grund davon, bemerkt Herr Ermann, muß in der steten Erneuerung derselben Bedingungen während des elektrisch-galvanischen Processes liegen, wodurch, trotz aller äußern Störungen, in jedem Augenblicke dieselbe Vertheilung der Kräfte wieder eingeführt oder festgehalten wird.

65. Besonders lehrreich zur Darstellung der eigenthümlichen Polarität des Leitungsdrathes sind die mit einem in sich selbst zurückgehenden kreisförmigen Leitungsdrathe, namentlich unter der Form des Multiplicators, angestellten Versuche. Wir verdanken solche Herrn Raschig*). An den beyden freyen Enden des mehrmals in sich zurückgehenden kreisförmigen Leitungsdrathes hängen ein kleiner silberner Becher und ein Zinkstreifen, und der kleine Multiplicator ist an einem Faden offener Seide frey aufgehängt. Mehr als 4 Quentchen wiegt ein solcher, aus gehörig feinem Drathe, selbst aus 100 Umwicklungen bestehender Multipli-

*) Gilb. Annalen. 1821. I. 433.

cator mit seinem silbernen Fingerhute, Zinkstreifen und verdünnter Säure nicht, und kann daher von einem solchen feinen Seidenfaden sehr wohl getragen werden. Auch ein solcher eine Kreisscheibe darstellender Multiplicator stellt sich in den magnetischen Meridian, wie ich durch eigene Versuche belehrt worden bin, jedoch Raschig selbst, als er zuerst seine Versuche bekannt machte, noch nicht wahrgenommen hatte, aber so, daß er die eine Fläche dem Nordpole, die andere dem Südpole der Erde zukehrt, so daß also hier eben so diese in ihrem Umfange größern elektrischen Ströme senkrecht den magnetischen Meridian durchschneiden, wie bey jenem um einen Federkiel schraubenförmig gewundenen Drathe die kleinern Spiralen. Diese Vertheilung der magnetischen Pole an die beyden Flächen äußert sich auch in dem Verhalten eines solchen Multiplicators gegen einen gewöhnlichen Magnet von einer hinlänglichen Stärke, um einige Pfunde Eisen zu ziehen. Hängt die Ebene durch den Multiplicator lothrecht, so zieht der Nordpol des Magnets ihn von der linken oder rechten Seite der Fläche an, je nachdem der Strom geht. Von der entgegengesetzten Seite thut dasselbe der Südpol. Zwischen beyde Pole eines Hufeisen-Magnets gebracht in der gehörigen Richtung, werden beyde Flächen angezogen, und der Multiplicator folgt sehr bereitwillig dem Hufeisen überall hin. Hängt die Ebene des Apparats horizontal, so sieht man den ganzen Apparat vom Fingerhute aus in zwey Hälften getheilt, deren Gränzpuncte von diesem aus auf beyden Seiten gleich weit abstehen, die eine Hälfte wird oberhalb der Ebene vom Nordpole eines Magnets angezogen, die andere Hälfte unterhalb; bey Annäherung des Südpols erfolgt das Gegentheil. Geht der Strom in entgegengesetzter Richtung, so kehren sich alle Phänomene um.

65. Schon am 30. October 1820 theilte Ampère der königlichen Academie der Wissenschaften in Paris seine Ver-

suche über die richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf Galvanisch durchströmte und dadurch magnetisch erregte Leitungsdräthe mit*). Von dem Hauptgedanken seiner sinnreichen Theorie ausgehend, daß nicht eine Linie, sondern eine Ebene (indem nehmlich dieser Theorie zufolge die elektrischen Ströme, welche in Ebenen senkrecht auf die Axe eines Magnets diesen umkreisen, und welche also durch eine Ebene und nicht durch eine Linie repräsentirt werden, die Einwirkung des von gleichen Strömen abhängigen Erdmagnetismus erfahren) durch die Wirkung der Erde unmittelbar in eine bestimmte Richtung gedreht werde, daß ferner die mittlere Wirkung des Erdmagnetismus an jedem Orte (die mittlere Richtung der Kräfte aller Theile des Erdkörpers) dahin gehe, die elektrischen Ströme so zu drehen, daß ihre Ebenen einer auf die Magnetnadel senkrechten Ebene parallel sind, daß es folglich darauf ankomme, die Anordnung der Elektricität in dem Aequator der Magnetnadel nachzuahmen, glaubte er, dieß am richtigsten durch einen Kreis aus Kupfer oder Messing, durch welchen der elektrische Strom hindurchgeleitet würde, darstellen zu können, der, wenn auch nicht ganz geschlossen, doch nicht weiter offen sey, als es unumgänglich erfordert würde, um durch Verbindung seiner beyden Enden mit den Enden einer Voltaischen Säule einen elektrischen Strom durch ihn hindurchleiten zu können. Die Gestalt des Umfangs konnte nach dem obigen Hauptsatze gleichgültig seyn, wenn nur alle Theile desselben sich in einerley Ebene befanden; denn es kam darauf an, eine Ebene zu drehen und zu richten. Dieser leitende Messingdrath bildete einen Kreis von etwas mehr als $7\frac{1}{2}''$ Durchmesser; auf eine sinnreiche Art wurde dieser Drath durch feine Stahlspitzen, die in das Quecksil-

---

*) Gilb. Annalen. 1821. I. 249.

der von Platinaschälchen tauchten, gleichsam aufgehängt, und zugleich frey beweglich um eine ideelle lothrechte Axe gemacht (s. die Art einer solchen Aufhängung näher unten beschrieben und durch eine Figur erläutert), auch der elektrische Strom durch eine angemessene Vorrichtung so zugeleitet, daß er durch das eine Ende einging, den Drath umkreiste, und aus dem andern Ende herausging. Hatte nun Ampère vor Schließung der Kette diesen beweglichen Kreis in den magnetischen Meridian gestellt, so gelangte er nach Schließung derselben in Drehung, schwang einige Mal hin und her, und blieb endlich in einer auf den magnetischen Meridian senkrechten Richtung, oder mit seiner Ebene von dem magnetischen Westen nach dem magnetischen Osten gerichtet, ruhen (wozu sich, um diese Veränderung der Richtung deutlich erkennen zu können, Ampère eines ähnlichen festen, lothrechten Kreises, der selbst in den magnetischen Meridian gestellt war, auf welchen also, als einen Index, die neue Stellung des beweglichen Kreises bezogen werden konnte, bediente). Nach welcher Seite hin dieses Drehen vor sich geht, oder in welcher Art die magnetischen Pole in den beyden Hauptseiten des Draths vertheilt sind, hängt von der Richtung ab, in welcher der elektrische Strom durch den beweglichen Kreis fließt. Will man es voraus bestimmen, so denke man sich eine gerade Linie, die durch den Mittelpunct des beweglichen Kreises geht, und auf die Ebene desselben senkrecht stehe. Denkt man sich nun selbst in den elektrischen Strom, der den Kreis durchfließt, mit dem Kopfe dahin gerichtet, wohin der Strom geht, und mit dem Gesichte nach jener Linie gewendet, so wird das Ende dieser Linie, das dem Beobachter links liegt, sich stets nach Norden richten, indem diese Linie selbst die Richtung des magnetischen Meridians annimmt; dieses nach Norden sich richtende links gelegene Ende wird alle Mal auf dem kürzesten Wege nach Norden hineilen, und hatte dieses Ende gleich vom

Anfange an die geforderte Richtung, so wird gar keine Drehung Statt finden. Seebeck hat diesen interessanten Versuch wiederholt*). Er bemerkt, daß er zum Gelingen sehr wirksame Galvanische Ketten erfordere, auch dürfe der Drath nicht zu dünn seyn. Bey der ersten Wiederholung mit einem Drathe von 0, 2‴ erhielt er kein entscheidendes Resultat, obwohl jede Fläche der in chemischer Action befindlichen Platten 202 Quadratfuß (!?) betrug, doch schon ein Drathring von $\frac{3}{4}$‴ Dicke und 8″ Durchmesser nahm, mit derselben Kette verbunden, die angegebene feste Stellung an, nachdem er einige Mal oscillirt hatte. Die Seite des Ringes, welche mit dem Kupfer der einfachen Kette in Verbindung war, stand dann in Osten, diejenige, in welche der Zinkpol eintrat, in Westen. Wurde ein Magnetstab mit seinem Nordpole von Norden her der innern Seite des Ringes in Osten oder Westen genähert, so ward der Ring angezogen, dagegen abgestoßen, wenn diese Annäherung an der äußern Seite geschah, umgekehrt verhielt sich Anziehung und Abstoßung, wenn der Südpol von derselben Seite her, von Norden aus, genähert wurde. Der Südpol des Stabs, von Süden her dem innern Theile des Ringes genähert, bewirkte Abstoßung, dagegen erfolgte Anziehung, wenn der Nordpol des Stabes diesem Theile genähert wurde. Ich muß hier einen Druckfehler voraussetzen, da diese Angaben dem allgemeinen, in allen diesen Erscheinungen durchgreifenden Gesetze widersprechen, daß sich alle Bewegungen, Anziehungen, Abstoßungen, Ablenkungen u. s. w. stets in die entgegengesetzten verwandeln, sobald die Richtungen, in welchen dieselben Kräfte, Pole, Ströme u. s. w. wirken, die entgegengesetzten werden, sey nun dieses Entgegengesetzte ein Entgegengesetztes

---

*) Schweiggers Journal. VII. 1. S. 29.

des Oben und Unten, oder des Rechts und Links, oder des Hinten und Vorn, und daß die Kräfte, Pole u. s. w. die die entgegengesetzten Wirkungen von einander zeigen, wenn sie unter gleichen Umständen, in gleichen Richtungen wirken, ganz gleiche Wirkungen geben, wenn sie in entgegengesetzten Richtungen wirken. Man kann dieß allgemeine Gesetz in einer Formel so darstellen, daß + mit +, — mit — immer die gleiche Wirkung geben, wie sie auch mit einander multiplicirt + geben, während + mit —, — mit + stets unter dem entgegengesetzten negativen Zeichen auftreten, wobey von den beyden gewählten Zeichen das eine die Kraft oder den Pol, das andere die Richtung, die Seite, von welcher der Pol aus einwirkt und als entgegengesetzte Zeichen die Gegensätze derselben bezeichnen soll. So werden der Nordpol, wenn er von Norden her wirkt, also + mit +, und der Südpol, wenn er von Süden her wirkt, also — mit —, stets die gleiche Wirkung setzen, und wenn diese in dem ersten Falle Anziehung war, auch in dem zweyten Anziehung seyn, dasselbe + mit —, oder das — mit + wird dagegen — oder die entgegengesetzte Wirkung geben, d. h. der Nordpol von Süden her, der Südpol von Norden her wirkend, wird in dem gegebenen Falle Abstoßung hervorbringen. So wird, wenn der Nordpol von außen wirkend Anziehung gibt, der Südpol von innen wirkend gleichfalls Anziehung geben, von außen wirkend dagegen Abstoßung, und umgekehrt der Nordpol von innen wirkend u. s. f.

66. Ein interessanter hierher gehöriger Versuch ist von Yelin angestellt worden, wo ein Leiter, durch welchen ein elektrischer Strom sich bewegt, sich in einem elektromagnetischen Indifferenzzustande befindet, gleich demjenigen, in welchem sich die idiomagnetischen Metalle, als Eisen, Stahl, Nickel, Kobalt, vor der Berührung mit einem Magnet befinden. Dieser Indifferenzzustand stellt sich dar in

einem ganz geschlossenen drehenden Bogen eines messingenen oder silbernen Leiters, dessen Anordnung man in Fig. 22 sieht. Der Bogen, welcher höchst fein und leicht gearbeitet seyn muß, dreht sich in den scharfen Spitzen a, b in Körnern der befestigten, mit den Zuleitungsdräthen e, f versehenen und isolirten Metallstückchen c, d. Es ist völlig gleich, ob der obere oder untere Drath mit Zink oder Kupfer verbunden ist, und ob die Axen c, d des Bogens lothrecht unter einander oder horizontal neben einander stehen, immer werden beyde Enden g, h und überhaupt alle Seitentheile des Bogens, sowohl rechts als links, von jedem Pole eines starken Magnetstabs angezogen, und nirgends ist Abstoßung. Die äußern und innern Kanten des Bogens, wie ii, kk, zeigen dagegen keine Spur von magnetischer Ablenkung nach rechts oder links von der Ebene des Bogens. Diese Indifferenz hängt offenbar davon ab, daß nach der Art der Durchströmung die beiden Bogenhälften durch ihre rechts und links der Axe gleich und entgegengesetzt liegenden Puncte auf eine einen elektromagnetischen Gegensatz bedingende Weise afficirt sind.

67. Noch verdienen die Versuche vom Frhrn. v. Althaus hier eine Erwähnung*). Sie haben viele Aehnlichkeit mit den früher von Ermann angestellten Versuchen mit seinem Rotations-Apparate, nur daß der um eine lothrechte Axe bewegliche, aus einem mit einem Rechteck verbundenen Kreise zusammengesetzte Leitungsdrath, dessen Aufhängung auf dieselbe Weise zu Stande gebracht war, wie wir dieselbe im folgenden Paragraphe kennen lernen werden, mit dem elektromotorischen Apparate kein solches Ganzes, wie in den Ermannischen Versuchen, ausmachte, von welchem aus vielmehr nur der elektrische Strom durch Metalldräthe

*) Dessen o. a. Schrift. S. 4—8.

zu den Quecksilberschälchen zugeleitet wurde, in welchen der Leitungsdrath mit seinen feinen Stahlspitzen ruhte und zugleich sich darauf drehen konnte. Die Resultate der Althausischen Versuche stimmen im Wesentlichen mit den bereits angeführten überein, dienen besonders auch zur Erläuterung des durch unsere allgemeine Formel aufgestellten Gegensatzes zwischen dem Verhältnisse + und + oder — und —, und demjenigen von + und — oder — und +. Nur unterschied Althaus noch ein Verhältniß bey der Einwirkung des Pols eines äußern Magnets in verschiedenen Lagen und von verschiedenen Richtungen her, das in den Ermannischen Versuchen nicht wohl vorkommen konnte, weil sich der über die Pappe hinlaufende Leitungsdrath zu dergleichen Versuchen nicht wohl eignete, nehmlich das Verhältniß von Indifferenz, daß nehmlich der Leitungsdrath weder Anziehung noch Abstoßung noch Abweichung von dem einwirkenden Magnetpole erlitt, wenn dieser bey dem lothrechten Stücke des Draths in zwey bestimmten, einander gegenüberstehenden Azimuthen, und bey den horizontal gehenden Stücken des Leitungsdrathes in der horizontalen Richtung gleichfalls von zwey einander entgegengesetzten Azimuthen aus auf denselben einwirkte. Die Folgerung, welche von Althaus daraus für eine feste magnetische Indifferenzaxe zog, werden wir weiter unten noch kürzlich prüfen.

XI.

Wirkung der beweglichen Leitungsdräthe auf einander. Wechselseitige Anziehung, welche in gleichen Richtungen, und wechselseitige Abstoßung, welche in entgegengesetzten Richtungen fließende elektrische Ströme auf einander ausüben. Ampères Verdienste um diesen Theil des Elektro-Magnetismus.

---

68. Der scharfsinnige Schweigger hat gleich im Beginne dieser Untersuchung auf diese hoch interessante Seite des Elektro-Magnetismus hingewiesen *). „Zunächst aber," so drückt er sich aus, „ging mein Streben dahin, bey diesen Versuchen des Magnets gänzlich zu entbehren. Man kann nehmlich jene Doppelnadel (zwey auf Spitzen neben einander schwebende und dadurch zugleich sehr bewegliche unter einander durch einen feinen Platinadrath verbundene Messingnadeln, wovon die eine mit dem positiven, die andere mit dem negativen Pole der Galvanischen Kette verbunden ist, so daß der elektrische Strom durch sie hindurchzugehen gezwungen ist), wenn sie den elektrischen Kreis schließt, selbst auf ähnliche Art, wie eine Magnetnadel bey den ersten Versuchen Oersteds, behandeln, und Dräthe, durch eine zweyte Galvanische Kette elektrisirt, können diese leicht bewegliche Doppelnadel auf mannichfaltige Weise umschlingen. Gemäß dem allgemeinen physikalischen Grundsatze, daß diejenigen Puncte eines Körpers, die gleichartig abstoßend auf einen dritten wirken, sich selbst gegenseitig abstoßen werden,

---

*) Schw. N. J. d. Ch. I. 11.

sollte man hier Wirkung erwarten.“ Der Erfolg entsprach indessen der Erwartung nicht. H. Schweigger fügt hinzu: „So mannichfache Versuche ich hierüber anstellen mochte, ich konnte zu keinem entscheidenden Resultate gelangen, sey es, daß meine Doppelnadel zu unempfindlich war, oder daß jene kleinen magnetischen Queraxen, von denen wir vorher sprachen, gegenseitig bindend auf einander einwirken, und es der Nähe eines Magnets bedarf, damit die eine oder die andere dieser Axen in freyere Thätigkeit trete.“ Auch Ermann untersuchte an seinen oben (64.) beschriebenen Rotations-Apparaten ihre wechselseitige Einwirkung auf einander in Rücksicht auf Anziehung und Abstoßung, konnte aber keine Spur davon entdecken. „Ich hing oft zwey derselben neben einander auf, und fand nie Anziehung oder Abstoßung, während jeder einzelne ganz entschieden auf den Magnet reagirte. Oft hing ich den einen auf und prüfte ihn mittelst eines andern in freyer Hand gehaltenen, den ich außerhalb und innerhalb des Bogens und an derselben Stelle darbrachte, wo eben ein schwacher Magnet sehr stark reagirte, aber immer vergebens, — ich sah nie eine unzweydeutige Bewegung entstehen*).

69. Glücklicher war Ampère, und wie jede wirkliche Thatsache, jedes Indicium naturae eine ganz andere Evidenz und Sicherheit gibt, als die auch noch so bündig erscheinende bloß theoretische Anticipation davon, so bleibt Ampères Verdienst in Auffindung des Verhaltens elektrischer Ströme oder vielmehr der Leitungsdräthe, welche von ihnen durchströmt werden, in Absicht auf wechselseitige Anziehung und Abstoßung, ein sehr großes, vollends wenn man bedenkt, wie er dasselbe zum Mittelpuncte dieser ganzen Sphäre von Erscheinungen, wie er damit den Ariadnischen

---

*) A. a. O. S. 29. 30.

Faden geliefert, mit welchem in der Hand wir uns durch die mannichfaltigsten Verwicklungen derselben sicher hindurchfinden können. Ich kann daher der Aeußerung Schweiggers keineswegs beystimmen, wenn er sagt*): „Herr Ampère hat aber die Sache dadurch weitläufig gemacht, daß er eine einfache Folgerung, welche aus Herrn Oersteds Entdeckung abgeleitet werden konnte, gleichsam als neue Entdeckung an die Spitze stellte, und daraus umgekehrt die von Oersted aufgefundenen Thatsachen durch künstlich ersonnene Bewegungen (wobey ihn Oersteds Spiralen leiteten) zu erklären sich bemühte.“ Wie viele Mittelglieder liegen nicht zwischen dem Begriffe der Wirksamkeit, durch welche bestimmte Abweichungs- und Neigungsbewegungen einer Magnetnadel, also gleichsam bloß Richtungs-Veränderungen veranlaßt, und dem Begriffe einer Kraft, welche die Körper, von denen sie ausgeht, nach unwandelbaren Gesetzen zu wechselseitiger Anziehung und Abstoßung bestimmt. Und wenn auch Oersteds Spiralen sich einigermaßen in der Ampèreschen Theorie des innern Wesens eines gewöhnlichen Magnets wieder finden, so bezogen sich ja diese Spiralen in der Oerstedischen Darstellung auf den Leitungsdrath, von dessen Form sie ganz unabhängig seyn sollten, während gerade aus der mannichfaltigen und von der Form und Richtung des Leitungsdrathes selbst abhängigen Gestalt des elektrischen Stromes Ampère mit der größten Einfachheit alle Wirkungen desselben ableitet.

Ampère bewies mit Hülfe sehr sinnreich, aber zum Theil zu künstlerisch eingerichteter Apparate, daß Leitungsdräthe, welche von elektrischen Strömen durchflossen werden, unter allen Umständen sich durch ihre wechselseitige Einwirkung

---

*) N. J. II. S. 26.

auf einander so zu stellen suchen, daß ihre elektrischen Ströme in gleicher Richtung mit einander gehen, und daß diese in gleicher Richtung gehenden elektrischen Ströme und vermittelst ihrer die Leitungsdräthe, durch welche sie fließen, sich einander anziehen, und sich einander so nahe als möglich zu kommen bestrebt sind, daß dagegen elektrische Ströme, die in entgegengesetzter Richtung von einander gehen, sich so weit abstoßen, bis unter den gegebenen Umständen nach Maßgabe der Abnahme der abstoßenden Wirkung mit der Entfernung ein Gleichgewicht zwischen den abstoßenden Kräften und den ihnen entgegenwirkenden (Reibung, Schwere u. dergl.) eingetreten ist. Zunächst wurde indessen durch diese Versuche nur bewiesen, daß diese Erscheinungen einander gesetzmäßig parallel laufen; ob aber diese, gleichsam richtende Kraft zunächst und unmittelbar auf die elektrischen Ströme oder irgend eine andere namentlich magnetische Kraft, die nach einem bestimmten Gesetze sich hier entwickle, zu beziehen sey, dieß war mehr Aufgabe für die weitere theoretische Entwicklung. Später hat Ampère einen einfachern Apparat, als die zuerst von ihm ausgedachten, angegeben, der indessen das Wesentliche der Einrichtung derselben darstellt, und den ich hier beschreiben werde, indem ich seine Brauchbarkeit zur Darstellung dieser interessanten Phänomene durch eigene Versuche bestätigt gefunden habe. Es kömmt hierbey Alles auf die gehörig bewegliche Aufhängung des Leitungsdrathes an, dessen anderweitige Gestaltung und Einrichtung die Erscheinungen dann noch ferner modificirt. Man sieht diese Einrichtung in Fig. 23 dargestellt. An beiden Enden des Leitungsdrathes sind senkrechte Stahlspitzen angelöthet, deren obere, die wie ein Zapfen den beweglichen Drath trägt, in einer kleinen metallenen Schale oder Kapsel A ruht; eben so steht die untere, die sich senkrecht unter

der erstern befinden muß, ohne sie zu berühren, mit einer ähnlichen Schale B vermittelst etwas Quecksilber, das man in diese gießt, in Verbindung; so geht der elektrische Strom, der durch die metallene, mit dem positiven Ende der Säule verbundene Kapsel Z ankömmt, durch den gebogenen Schaft ZA zu der Kapsel A und dem Drathe AaD, auf der einen Seite des Stückes Elfenbein oder lackirten Holzes K hinweg, das den Drath festzuhalten und seine nahen Theile zu isoliren dient. Nachdem dieser Strom den ganzen Drath in der Richtung FGM (s. Fig. 24) durchlaufen hat, kömmt er durch M nach der Kapsel B, indem er auf der andern Seite des Stückes K weggeht, und gelangt von da durch den Schaft BQC zu der Schale C, die man mit dem negativen Ende der Säule in Verbindung bringt. Der Träger U, welchen die die Kapseln A und B tragenden gebogenen Schäfte (dickern Dräthe) durchbohren, muß aus einer, die Galvanische Elektricität hinlänglich isolirenden Substanz, wie aus Holz, Kork u. s. w., verfertigt seyn, es wäre denn, daß man die Schäfte durch Glasröhren führte, die in diesem Träger stecken, wo er dann aus jeder beliebigen Substanz bestehen kann. Zur vollkommenern Verbindung zwischen dem Drathe und der Kapsel A muß man etwas Quecksilber in diese schütten, und überhaupt ist es gut, alle Stellen, wo zwey Theile des Voltaischen Kreises bloß durch Berührung mit einander communiciren, damit zu versehen, weswegen dann auch die Schalen C und Z, von welchen aus die Zuführungs- und Abführungsdräthe nach der Säule hingehen, mit etwas Quecksilber versehen werden müssen. In Fig. 24 sieht man einen Drath, der in Form eines Rechtecks gebogen und auf die eben beschriebene Weise aufgehängt ist. — Der elektrische Strom, welcher durch die Kapsel Z ankömmt, durchläuft den ganzen beweglichen Drath in der Richtung ZADFGMBQC. Der Träger U, der die Kapseln trägt, in welche die Stahlspitzen des Leitungsdrathes

eintauchen, paßt wie ein Stöpfel auf eine Oeffnung K, die in das an dem Rahmen XTTY, welcher auf dem Fußgestell XY steht, befestigte Brettchen H geschnitten ist. Die beweglichen Leiter, welche sich auf der Spitze, die sie trägt, umdrehen, werden fast einen ganzen Kreis beschreiben können, was für den Zweck der mit diesem Apparat anzustellenden Versuche hinreicht. Ich habe das Fußgestell dieses Apparats, dessen Beschreibung ich, so wie das Instrument selbst, aus Babinets Schrift*) entlehnt habe, noch mit Stellschrauben zur genauen horizontalen Stellung versehen lassen, und das Criterium, daß die lothrechte Axe, um welche sich der bewegliche Leitungsdrath dreht, gerade durch seinen Schwerpunct geht, wovon wesentlich die freye Beweglichkeit nach allen Seiten abhängt, ist das Ruhen desselben in jeder Lage, die man ihm gibt, und wenn man ihn in Bewegung gesetzt hat, das freye Hin- und Herschwingen durch mehrere Oscillationen, ehe er zur Ruhe kömmt, indem er seine Bewegung durch das jedesmalige Anstoßen an die Schäfte, wenn er beynahe einen vollen Kreis beschrieben hat, unterhalten wird. Um die Wirkung der elektrischen Ströme, oder vielmehr der Leitungsdräthe, auf einander und jenes oben aufgestellte allgemeine Gesetz anschaulich zu machen, ist an demselben Gestelle ein zweyter fester, senkrechter Drath CILR angebracht, mit welchem MQ und DF des beweglichen Drathes parallel gehen, und von welchem dieser, wenn er ihm am nächsten steht, nur etwa zwey Linien absteht. Stellt man nun den beweglichen Leiter so, daß der Theil DF desselben, in welchem der Strom wie in dem Drathe IL herabsteigt (die Richtungen der Pfeile zeigen in der Abbildung die Richtung des Stromes von V aus, welches mit dem positiven, bis R, welches mit dem negativen Ende in

---

*) S. 10 Fg.

Verbindung steht), diesem letztern nahe sey, und schließt an dem einen oder dem andern Ende den elektrischen Kreis, so wird man sehen, daß der Theil DF des Leiters sich nach dem Drathe IL hinbegeben, und daß er, nachdem er diesen berührt hat, daran haften bleiben wird; wird dagegen der bewegliche Leiter durch eine halbe Umdrehung in eine solche Lage gebracht, daß der Theil GM des beweglichen Leiters, in welchem der Strom aufwärts steigt, in der Nähe des Draths IL, wo er herabsteigt, sich befindet, so wird GM zurückgestoßen werden und sich von IL entfernen. Um zu vermeiden, daß sich der Einfluß der richtenden Kraft der Erde auf den beweglichen Leiter, von welchem schon oben (65.) die Rede gewesen ist, welcher die Ebene DFGM in eine Lage zu bringen strebt, wo sie auf die Richtung der Magnetnadel senkrecht ist, und wo der Strom in dem untern Theile dieses Leiters von Ost nach West geht, nicht mit der Wirkung des Drathes IL combinire, muß man den Apparat vorher so stellen, daß die Ebene des Leiters gerade diese Richtung habe, und daß ferner, wenn der Strom, wie in der Figur angenommen ist, von F nach G geht, der Punct F östlich, der Punct G westlich sich befinde. Man überzeugt sich leicht, daß alsdann die den Leiter in Bewegung setzende Wirkung der Erde völlig null ist, indem man den elektrischen Strom nur durch diesen gehen läßt, zu welchem Ende man die Dräthe, welche nach den beyden Enden der Säule gehen, geradesweges nach den Schalen C und Z führt, ohne den Strom vorher durch IL fließen zu lassen, wo dann der in die angegebene Lage gebrachte Leiter unbeweglich bleiben wird. Will man hierauf die Anziehung oder Abstoßung des Drathes IL gegen den beweglichen Leiter versuchen, so muß man, letztern in der Lage lassend, in welcher die Wirkung der Erde ihn versetzt hat, IL abwechselnd DF oder GM nähern; in dieser Absicht stellt man den Rahmen XTTY bald östlich, bald westlich des beweglichen Leiters,

wobey man nicht vergessen darf, den Träger U jedes Mal zu drehen, wenn man den Stand des Rahmens verändert. Auf diese Art bringt man IL bey unveränderter Richtung des elektrischen Stromes durch denselben in die Nähe von DF oder GM, während diese immer ihre nämliche Lage und die unveränderte Richtung des elektrischen Stromes in ihnen behalten.

Ampère hat diese Versuche auf sehr mannichfaltige Weise sinnreich abgeändert, und sie haben in diesen mannichfaltigen Abänderungen gleichförmig zu demselben oben aufgestellten Resultate geführt*). Insbesondere hat er den beweglichen Leiter so eingerichtet, daß das untere Stück des Leitungsdrathes aus zwey Stücken bestand, in deren einem der elektrische Strom von Ost nach West, und der andere von West nach Ost floß, wodurch die richtende Kraft der Erde gleichsam aufgehoben wurde, wegen der entgegengesetzten Wirkung auf diese beyden Hälften. Ein so eingerichteter Leiter ist in Fig. 25 abgebildet. Er hat ferner gezeigt, daß die elektrischen Ströme dieselben anziehenden oder abstoßenden Wirkungen auf einander ausübten, ob nun die Leitungsdräthe in lothrechter oder horizontaler Richtung neben einander, oder auch im letztern Falle über einander, fortgingen; er hat durch öfteres Insichzurückgehen des Leitungsdrathes in einer ebenen Spirale oder indem derselbe Drath in horizontaler Richtung durch Umbiegung nach unten und Zurückführung aufwärts vervielfacht wurde, nach dem Gesetze des Multiplicators die Wirkung verstärkt, daß hierbey eine ganz andere Art von Anziehung und Abstoßung,

---

*) Vgl. Babinets Schrift S. 18—21 und „Von der gegenseitigen Wirkung zweyer elektrischen Ströme auf einander" in dessen Abhandlung in Gilb. Ann. 1821. I. S. 113 und insbesondere S. 126.

als die gewöhnliche elektrische im Zustande der Spannung, thätig sey, indem diejenigen Enden der beyden sich in diesen Versuchen gegen einander hin bewegenden Dräthe, welche in Berührung kommen, mit einem und demselben Ende der Säule in Verbindung stehen, auch beyde Dräthe, nachdem sie sich berührt haben, vereinigt bleiben, während, wenn hier gewöhnliche elektrische Anziehung Statt fände, diejenigen Theile, die sich anziehen und berühren, mit den Elektricitäten entgegengesetzter Art communiciren müßten, auch die Theile, welche sich anzogen, nach der Berührung und der davon abhängigen elektrischen Ausgleichung sich wieder nach der Berührung abstoßen würden, oder wenigstens jede weitere Wirkung derselben auf einander aufhören würde.

XII.

Kreisförmige Bewegung eines Leitungsdrathes um den Pol eines Magnets und der Pole eines Magnets um einen fest stehenden Leitungsdrath. Faradays merkwürdige Versuche. Kreisung eines Magnets um seine eigene Axe. Ampères Versuche.

---

70. Alle bisher abgehandelten Bewegungserscheinungen, welche Magnete und Schließungsdräthe, so wie diese in ihrer Wechselwirkung auf einander hervorrufen, zeigten sich stets als Bewegungen nach bestimmten Puncten, in deren Erreichung sie zur Ruhe kamen, — überall erschienen nur Kräfte wirksam, deren Richtungen in eine und dieselbe gerade Linie fielen oder sich unter bestimmten Winkeln schnit-

ten. Um so überraschender mußte daher die merkwürdige Entdeckung Faradays, chemischen Assistenten in der Royal-Institution zu London, von einer Bewegung, gleichsam von einer höhern Potenz seyn, welche unter bestimmten Bedingungen der Elektromagnetismus erzeugt, von einer wahrhaft rotirenden oder kreisenden Bewegung, in welcher Magnete im Kleinen die Planeten in ihren Bahnen nachahmen und die Spuren jener so verborgenen Strömungen der unwägbaren und doch zugleich so wirksamen Stoffe dem Auge verrathen. Es ist nicht ganz klar, ob Faraday seine merkwürdige Entdeckung zufällig gemacht, oder ob sie aus einer theoretischen Ansicht gleichsam als eine Schlußfolge hervorgegangen, und der Versuch selbst zur Prüfung dieser Ansicht von ihm angestellt worden sey. Nach seiner Darstellung*) würde ihn die Entdeckung der in ihrem Verhalten gegen einen lothrechten Galvanischen Leitungsdrath abweichenden verschiedenen Puncte einer und derselben Hälfte einer Magnetnadel (wie oben VI. 32 umständlich die Rede gewesen ist) darauf geführt haben. Nachdem er nehmlich dieses Verhalten beschrieben, fährt er fort: „Es geht hieraus offenbar hervor, daß der Mittelpunct der wirksamen Portion jeder der beyden Hälften einer Magnetnadel, oder ihr w a h r e r P o l, wie man ihn nennen kann, nicht am Ende der Nadel liegt, sondern allgemein ein etwas vom Ende entfernter Punct ihrer Axe ist. Auch sieht man hieraus, daß d i e s e m P u n c t e ein Bestreben eigen seyn muß, um den Schließungsdrath in die R u n d e z u l a u f e n, und also nothwendig auch dem Schließungsdrathe ein Bestreben, um diesen Punct zu rotiren. Und da an dem andern Pole dieselben Wirkungen zwischen Schließungsdrath und Nadel

*) Ich folge hierin der freyen Bearbeitung des Aufsatzes von Faraday durch Gilbert in dessen Annalen 1822. II. S. 124.

in entgegengesetzten Richtungen vor sich gehen, so ist es klar, daß jeder Pol die Kraft, auf den Drath zu wirken, durch sich selbst hat, und nicht als ein Theil der Magnetnadel oder weil er mit dem entgegengesetzten Pole verbunden ist." Und weiterhin heißt es: „Zwischen einem Schließungsdrath und den beyden Polen eines Magnets hat keine Anziehung Statt. Ein Schließungsdrath und ein Magnetpol müssen einer um den andern in die Runde laufen, wenn einer beweglich und der andere nahe ist. Anziehung und Abstoßung von Schließungsdräthen und wahrscheinlich auch von Magneten sind zusammengesetzte Wirkungen ꝛc. ꝛc." Ich gestehe indessen, daß der Schluß aus einem solchen Indifferenz-Puncte der Anziehung und Abstoßung eines gewissen Punctes jeder Hälfte einer Magnetnadel in Beziehung auf den Schließungsdrath auf ein wirkliches Kreisen dieses Punctes nicht so unmittelbar gilt, so wie denn auch das Princip dieser Bewegungen noch nicht vollkommen in's Klare gebracht ist. Auch dürfte es als eine gewagte Neuerung erscheinen, denjenigen Punct, welcher weder Anziehung noch Abstoßung zeigt, mit dem Namen des wahren Pols zu belegen, da diese Benennung sich gerade auf Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen bezieht.

71. Dem sey nun aber, wie ihm wolle, so bleibt nach den bis jetzt bekannt gewordenen Thatsachen Faraday das glänzende Verdienst, jene ganz neue Classe von elektro-magnetischen und von magnetischen Bewegungen im engern Sinne aufgefunden zu haben. Auf eine sinnreiche Art überwand er*) die Schwierigkeit, einen Theil des Leitungsdrathes so einzurichten, daß er bey fortdauernder Leitung des

---

*) Ich halte mich bey der Beschreibung dieser ersten Vorrichtung nicht auf, da die später zu diesem Behuf ersonnenen noch viel einfacher sind und denselben Dienst leisten.

elektrischen Stroms durch ihn doch zugleich um einen Magnet sich in die Runde bewegen konnte. Dieses bewegliche Stück eines lothrechten Leitungsdrathes, das die Gestalt eines doppelten Krummzapfens hatte, drehte sich, als der elektrische Strom hindurchgeleitet wurde, sogleich um einen Magnetstab, der mit einem seiner Pole in die Axe desselben hineingebracht wurde, bis er an denselben anstieß; und führte man nun den Magnetstab schnell auf die entgegengesetzte Seite, so drehte er sich weiter, ein Beweis, daß er immerfort in die Runde gegangen seyn würde, hätte nicht der Magnet über ihn hinausgeragt. Eine leichte Abänderung dieses Apparats gab bald das Resultat des fortdauernden Kreisens des beweglichen Stücks des Schließungsdrathes um den Pol eines im Quecksilber auf dem Grunde desselben befestigten und darin aufrecht stehenden Magnets, während das bewegliche Stück des Schließungsdrathes in dieses Quecksilber selbst tauchte, von welchem aus zugleich die Verbindung mit dem Galvanischen Apparate unterhalten wurde. Später vereinfachte Faraday diesen Apparat noch weiter. Die Fig. 24 stellt denselben vor. Die kleine Glasröhre dieses Apparats AB ist drey Zoll lang, an beyden Enden verschlossen, und enthält unten einen kleinen, zwey Zoll langen Magnetstab CD und etwas Quecksilber, in das der mittelst eines Häkchens in dem Oehr E hängende Messingdrath mit seinem einen Ende sich etwas eintaucht. Verbindet man den Magnetstab und den obern Drath EP mit den Polen eines Voltaischen Apparats, so läuft der Drath EF um den Magnet sogleich und so lange die Schließung und die Kraft des Apparats dauert, umher. Faraday reducirte diesen Apparat sogar auf die Kleinheit einer Röhre von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $\frac{1}{3}$ Zoll Breite, und er ist so empfindlich, daß ein einziges Paar kleine Platten hinreicht, das Kreisen hervorzubringen. Statt des Magnets nimmt er auch ein Stück weichen Eisendraths, und

macht das innere Ende desselben dadurch nach Belieben nord- oder südpolarisch, daß er das äußere Ende desselben mit dem Südpol oder Nordpol eines Magnets in Berührung setzt. Auch hier, wie in allen elektro-magnetischen Bewegungserscheinungen, äußert sich der Einfluß der Richtung des elektrischen Stroms und der Beschaffenheit des Pols auf die Richtung, in welcher die Kreisung geschieht, welche nehmlich mit der Umkehrung des einen oder des andern sich ebenfalls umkehrt. Geht nehmlich der elektrische Strom von unten nach oben durch den Leitungsdrath, so geht das Umherkreisen um den Nordpol des Magnetstabs, diesen in aufrechter Stellung vor sich hingedacht, von der Linken zur Rechten, um den Südpol von der Rechten zur Linken, das Umgekehrte findet Statt, wenn der elektrische Strom durch den lothrechten Drath von oben nach unten geht.

72. Nach dem oben (X. 6.) allgemein aufgestellten Grundsatze der Reciprocität war zum Voraus zu erwarten, daß eben so ein Magnet, wenn er beweglich genug gemacht würde, um einen festen Leitungsdrath herumkreisen würde, wie dieser um den Pol eines Magnets. Der Versuch bestätigte auch hier die Richtigkeit des Grundsatzes, und dieser Versuch wurde gleichfalls von Faraday angestellt. Es wurde nehmlich der untere Pol eines Magnetstabs so mit Platina beschwert, daß der Stab lothrecht in Quecksilber schwamm, und der andere Pol sich eben über der Quecksilberfläche befand. Wurde nun das Quecksilber mit dem einen, ein lothrecht in dem Quecksilber stehendes Drathstäbchen mit dem andern Metall des Elektromotors verbunden, und der schwimmende Magnet dem Stäbchen genähert: so fing der obere Pol sogleich an, um diesen Drath in die Runde zu laufen, während der untere in einem solchen Abstande erhalten wurde, daß er keine störende Wirksamkeit äußern konnte. Die Richtung des Umkreisens hing wie-

derum von dem Pole und der Richtung des elektrischen Stromes nach oben oder nach unten ab. Ging der Strom von unten nach oben, so lief eben so der Nordpol von der Linken zur Rechten um den Leitungsdrath im Kreise umher, wie in dem vorigen Versuche dieser um den Nordpol in dieser Richtung rotirt hatte, der Südpol dagegen von der Rechten zur Linken, und bey umgekehrter Richtung des Stroms fand das Umgekehrte Statt*). Auch mit jenen nach Ampère's Methode (X. 62) durch den elektrischen Strom in den Zustand von wahren Längenmagneten versetzten schraubenförmig gewundenen Leitungsdräthen stellte Faraday Versuche an, und fand, daß sie mit ihren Enden einen Schließungsdrath gerade so, wie es ein magnetischer Pol thut, zum Kreislauf um sich her bringen.

73. An diese Erscheinungen schließen sich noch einige andere an, die als besondere Modificationen derselben unter besondern Bedingungen betrachtet werden können. Faraday, dem wir gleichfalls unsere Kenntniß derselben verdanken, verknüpft sie mit seiner sehr verworren vorgetragenen Erklärung dieser Umkreisungen. Er setzt nehmlich gleichsam zwey einander gegenüber stehende Seiten in dem Schließungsdrathe voraus, deren Eigenschaften in

---

*) In dem zweyten Jahresberichte von Berzelius, übersetzt von C. G. Gmelin, (Tübingen 1823) ist die Richtung des elektrischen Stroms von oben durch: „Kömmt die positive Elektricität von oben" ausgedrückt. Hierbey muß man dieses nicht mit der Verbindung des obern Endes des Leitungsdrathes mit dem positiven Metall (dem Zink) bey Anwendung eines einfachen Elektromotors verwechseln, weil in diesem Falle gerade umgekehrt die positive Elektricität von unten, nehmlich von demjenigen Ende, mit welchem das Kupfer verbunden ist, herkömmt. Faraday selbst bediente sich zu diesen Versuchen stets einfacher Elektromotoren.

gewissem Sinne einander entgegengesetzt sind, und mit deren jeder einer der Pole einer Magnetnadel in seinen Eigenschaften übereinstimme. Befindet sich *) nun ein Pol einer Magnetnadel nahe an dem Schließungsdrathe, so wird er um ihn herumgetrieben, indem er nach der Seite zu geht, welche ihn anzieht, und von der Seite abwärts, welche ihn abstößt, d. h. der Pol wird zu gleicher Zeit von gleichen Kräften angezogen und abgestoßen, und daher nähert er sich weder dem Drathe, noch entfernt er sich von demselben; da aber die Kräfte von entgegengesetzten Seiten des Drathes ausgehen, so läuft der Pol vermöge seines zweyfachen Bestrebens, von der einen Seite zurückzuweichen und sich der andern zu nähern, in einem Kreise umher in einem Sinne, der offenbar durch die Natur des Pols und die Verbindungsart des Drathes (oder die Richtung des elektrischen Stromes) bestimmt wird." Hiergegen erinnere ich nur, daß man nicht recht weiß, was Faraday hier unter dem Pole der Magnetnadel versteht, da er oben Pol denjenigen Punct jeder Hälfte der Magnetnadel nannte, der von einem Schließungsdrathe weder angezogen noch abgestoßen wird, hier aber vielmehr die Anziehung und Abstoßung das ganze Phänomen des Kreisens bestimmen soll. Dann stimmt die Annahme zweyer solcher gegenüberstehender Seiten von entgegengesetzten Eigenschaften am lothrechten Leitungsdrathe mit andern Erscheinungen nicht überein (vergl. VI. 31), der in Beziehung auf eine und dieselbe Seite einer Magnetnadel sich in seinem ganzen Umfange ganz gleichartig verhält. Um hierüber auch in Beziehung auf die Rotation eine Bestätigung zu erhalten, traf ich eine Einrichtung, daß indem ein Magnet um einen lothrechten Schließungsdrath anfing zu kreisen, der Schlie-

---

*) Gilb. Ann. a. a. O. S. 143.

ßungsdrath in entgegengesetzter Richtung sich um seine Axe drehte. Es wurde durchaus Nichts in der Geschwindigkeit und Richtung der kreisenden Bewegung geändert, ohngeachtet hier die gegenüberstehende Seite dem Magnetpole entgegen kam, und ihn nicht bloß zum Stillstande hätte bringen, sondern darauf noch zur Kreisung in entgegengesetzter Richtung hätte bestimmen müssen, sobald sie ihn in dieser Bewegung um ihre Axe überschritten hatte. Daß Faraday unter diesen Seiten wirklich die einander gegenüberstehenden versteht, sieht man aus seinen Versuchen über das Verhalten zweyer oder mehrerer Leiter gegen einen Magnet oder unter einander, indem er bemerkt, daß solche Schließungsdräthe, durch welche elektrische Ströme in gleicher Richtung gehen, in den einander zugewendeten Seiten sich wechselseitig zu neutralisiren scheinen, indem, wenn man sie dicht an einander legt, der Pol eines Magnets rund um sie, wie um einen Schließungsdrath, kreist, und der größte Effect an den einander abgewendeten Seiten beyder ist.

74. Ohne auf diesen letzten Erklärungsgrund zurückzugehen, lassen sich die verschiedenen sonderbaren Bewegungen von einzelnen Magnetpolen und Magnetnadeln, mit welchen uns Faraday bekannt gemacht hat, aus dem allgemeinen Gesetze der Rotation erklären, daß nehmlich 1) einer und derselbe Pol, der in einer gegebnen Richtung um einen lothrechten Leitungsdrath rotirt, dieselbe in die entgegengesetzte verändert, wenn der Strom in umgekehrter Richtung geht; daß 2) in Beziehung auf denselben Leitungsdrath ein senkrechter Magnetstab, der mit dem einen Pole in einer bestimmten Richtung rotirte, diese gleichfalls in die entgegengesetzte verändert, wenn sein entgegengesetzter Pol nun in dieselbe Lage gebracht wird; wobey aber nicht aus den Augen verloren werden darf, daß in einem solchen Falle der Magnet selbst umgekehrt wird, und dann nicht bloß den entgegengesetzten Pol, sondern

auch eine entgegengesetzte Seite derselben Seite des Leitungsdrathes darbietet; daß endlich 3) die beyden Pole einer horizontal schwebenden Magnetnadel, wegen des in der Mitte der Nadel befindlichen Ruhe- oder Drehungspunctes der ganzen Nadel, sich in entgegengesetzter Richtung um einen Leitungsdrath zu drehen bestrebt scheinen, wenn gleich ihre Drehung selbst nach derselben Seite des Leitungsdrathes hin geschieht. Um diese sonderbaren Bewegungen darzustellen, braucht man nur eine Magnetnadel oder einen dünnen Magnetstab an dem einen Pole mit Platina zu belasten, bis er lothrecht im Quecksilber so schwimmt, daß sein anderer Pol etwas aus der Quecksilberfläche herausragt, oder man befestigt die Magnetnadel, wenn man sie in horizontaler Lage (mit beyden Polen) wirken lassen will, auf ein Stückchen Kork, das eben hinreicht, sie auf Wasser in einem Gefäße schwimmen zu machen, auf dessen Boden sich etwas Quecksilber befindet, um die Dräthe des elektromotorischen Apparats mit demselben in Verbindung setzen zu können. Werden nun zwey parallel neben einander befindliche Schließungsdräthe entgegengesetzt mit dem elektromotorischen Apparat verbunden, so daß der elektrische Strom in dem einen aufwärts, in dem andern abwärts fließt, und bringt man den Magnetpol zwischen sie, so kreist er um den, welchem er am nächsten ist, dem oben aufgestellten Gesetze, was die Richtung betrifft, gemäß; ist er von beiden Dräthen gleich weit entfernt (eine Bedingung, die wohl in der Wirklichkeit fast nicht zu erfüllen ist, weßwegen ich fast glauben möchte, daß der Versuch bis jetzt nur auf dem Papiere steht): so muß er in einer geraden Linie fortgehen, welche auf eine durch beyde Dräthe gelegte Ebene senkrecht ist (der Tangente der beyden Kreise, in welchen er in entgegengesetzter Richtung um die beyden Dräthe sich zu drehen bestrebt ist), und sich, je nachdem er auf der einen oder der andern Seite der Mitte zwischen beyden Dräthen sich befindet,

ihnen nähern oder von ihnen entfernen. Geschieht das Erstere, so geht er zwischen ihnen durch und entfernt sich dann wieder, und kehrt man in diesem Augenblicke dann die Richtung der Ströme in beyden Dräthen durch Umkehrung der Verbindungen mit dem elektromotorischen Apparat um, so wird er still stehen, rückgängig sich in derselben geraden Linie wieder nach ihnen hinbewegen, und abermals, aber nach der entgegengesetzten Seite, zwischen ihnen durchgehen. Je nachdem also der Pol sich auf derjenigen Seite befindet, wo die Kreise, in welchen er sich um die Leitungsdräthe zu bewegen strebt, gegen einander laufen, oder an der Seite, wo sie aus einander gehen, wird er angezogen oder abgestoßen, nähert oder entfernt er sich. „Nähert man einer Magnetnadel, die auf Wasser schwimmt, einen lothrechten Schließungsdrath, so dreht sich die Nadel mehr oder weniger in die Runde, bis sie eine Richtung, senkrecht und quer durch auf den Drath, angenommen hat, in welcher die Pole in einer solchen Lage sind, daß jeder derselben allein um den Drath im Kreise laufen würde, in dem Sinne, in welchem er sich würde bewegt haben, gemäß dem obigen Gesetze. Die Nadel nähert sich dann dem Drathe, indem ihr Mittelpunct in gerader Linie auf ihn zuschwimmt. Zieht man den Schließungsdrath heraus, und setzt ihn an der andern Seite der Nadel wieder herein, so geht die Nadel in derselben geraden Linie fort, von dem Drathe sich entfernend, so daß in diesem Falle der Drath in jener Lage anziehend, in dieser abstoßend auf die Nadel zu wirken scheint." Dieser Erfolg scheint mir nicht von dem Drehungsbestreben der Pole der Magnetnadel um den Schließungsdrath abzuhängen, sondern seine einfache Erklärung in dem Verhalten eines lothrechten Schließungsdrathes gegen die verschiedenen Puncte einer Magnetnadel, wie es in VI. 32 erläutert und in Fig. 15 und 16 dargestellt ist, zu finden. Wenn die Magnetnadel mit derjenigen Seite dem Schließungsdrathe ge-

genüber steht, wo die dem Mittelpuncte der Nadel nächsten Puncte angezogen werden, so wird begreiflich wegen der gleichen Anziehung von beyden Seiten die Nadel mit ihrem Mittelpuncte auf den Drath hinschwimmen; zieht man nun den Drath schnell heraus, und bringt ihn auf die andere Seite der Nadel, so werden nun eben diese dem Mittelpuncte nähern Puncte nach Fig. 16 abgestoßen, und zwar nicht, weil eine andere Seite des Schließungsdrathes der Magnetnadel, sondern die entgegengesetzte Seite von dieser dem Schließungsdrathe zugekehrt ist, und die Magnetnadel muß sich wegen der auf beyden Seiten vom Mittelpuncte ausgegangenen, gleich starken Abstoßung mit ihrem Mittelpuncte in derselben Richtung vom Drathe entfernen, in welcher sie sich vorher demselben genähert hatte.

75. Faraday hat nun noch versucht, die verschiedenen scheinbaren Anziehungs- und Abstoßungs-Wirkungen, welche Magnete und nach Art von Magneten mit zwey Polen versehene schraubenförmige Schließungsdräthe gegen Magnetnadeln äußern, so wie die damit verbundenen Bewegungen, deßgleichen die Art, wie sich Eisenfeile um Magnetstäbe und solche schraubenförmige Schließungsdräthe lagert, und sich an Schließungsdräthe, welche zu ebenen Spiralen aufgewunden sind, anlagert (von welchem letztern Phänomen schon oben IX. 55 die Rede gewesen ist), aus diesem einfachen Gesetze der Kreisung eines Pols um einen Schließungsdrath und umgekehrt abzuleiten, und lediglich auf diese Art von Bewegung zurückzuführen. Zu diesem Behufe geht er von dem einfachsten Falle aus. „Man denke sich, sagt Herr Faraday, einen lothrecht stehenden, drey Zoll langen Schließungsdrath, um dessen Mitte ein magnetischer Pol kreist; dieses geschieht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, er wird also in allen Theilen des Kreises, den er durchläuft, von gleichen Kräften getrieben; wenn nehmlich dieser Kreis nicht ganz einen Zoll Durchmes-

ser hat (warum diese Geschwindigkeit bey größerem Durchmesser nicht auch gleichförmig seyn sollte, davon läßt sich wenigstens aus Faradays Ansicht kein Grund ableiten); biegt man nun diesen Schließungsdrath zu einem Ringe, und stellt ihn so, daß die Stelle, um welche der Pol vorhin kreiste, lothrecht bleibt, und verhindert den Pol, eine andere als die Kreisbewegung einzugehen, durch einen festen Halbmesser: so fällt es sogleich in die Augen, daß nunmehr der Drath auf den Pol in den verschiedenen Stellen des Kreises, welchen er durchläuft, sehr verschieden wirkt. Wenn der Pol durch den Mittelpunct des Ringes hindurchgeht, so wirken alle Theile des Drathes auf ihn gleichförmig; tritt er über den Mittelpunct hinaus, so divergiren die Kräfte, die die einzelnen Theile auf denselben ausüben, und er wird ihnen entweder ganz entrückt, oder unter einander entgegengesetzte Einflüsse derselben gebracht; in den entgegengesetzten Stellen des Kreislaufes wird er anfangs nur von einem kleinen Theile derselben bewegt, dann aber nimmt die Wirkung der Kräfte auf ihn schnell wieder zu, bis sie im Mittelpuncte des Ringes am größten ist, und dann wieder abnimmt; und so geht er fast wie zuvor, so daß der Pol zwar immerfort in die Runde getrieben wird, aber mit stets sich ändernder Kraft." Daß dieser Versuch selbst nicht wohl anzustellen ist, leuchtet von selbst ein, da ein senkrecht schwimmender Magnet mit einem einzelnen Pole nicht durch den Kreis hindurch gehen kann, ohne mit seiner untern Hälfte an die Peripherie anzustoßen. Würde man dagegen versuchen, eine horizontal schwimmende Magnetnadel durch den Kreis hindurchschwimmen zu machen, so würde diese zur Ruhe kommen, sobald die Ebene des Kreises in senkrechter Lage auf ihrer Axe durch ihre Mitte hindurch sich befände. Denkt man sich statt des kreisförmigen Ringes eine Ebene, die ihn ausfüllt, so würde die Kraft, die eigentlich in den concentrischen Kreisen liegt, gleichsam

im Mittelpuncte der Ebene vereinigt erscheinen, welcher auf der einen Seite gleich einem anziehenden, auf der andern Seite gleich einem abstoßenden Pole scheinbar wirken würde, ohngeachtet doch Alles von der Tendenz, den Pol in kreisende Bewegung zu versetzen, abhinge. Einer solchen Ebene nähert sich gleichsam ein Multiplicator, der in Form einer ebenen Spirale aufgewunden ist, dessen Mitte in Rücksicht auf anziehende und abstoßende Wirkung dadurch ungemein verstärkt ist, wo auch, wenn man ihn auf Eisenfeile legt, diese sich am reichlichsten, und zwar in der Richtung der Axe der Spirale senkrecht auf die Ebene derselben anlegt, und von da aus immer sparsamer und sparsamer nach den äußern Kreisen hin, so daß sie eine Art von Kegel bildet. Was für einen einzelnen Kreis gilt, gilt eben so für schraubenförmige (der Kreisebene sich nähernde) Windungen eines um einen hohlen Glascylinder aufgewundenen Draths, durch welchen der elektrische Strom geht, und welcher an seinem Ende (wie wir oben X. 62 gesehen haben) wahre magnetische Pole zeigt. Befindet sich einem seiner Enden eine auf Kork schwimmende Magnetnadel gegenüber, so wird sie durch angemessene Drehung in eine solche Lage gebracht werden, daß der freundschaftliche Pol der Nadel in gerader Richtung darauf hinschwimmt, in den cylindrischen Canal hineinschwimmt, und sich so lange fortbewegt, bis die beyden Pole der Nadel gleich weit von den Enden des Schraubendraths abstehen. Würde man nun, meint Faraday, die Pole der Nadel in der Mitte gleichsam von einander trennen können, so würde der eine Pol nach dem einen, der andere nach dem andern Ende zuschwimmen, sich auch noch weiter fortbewegen, aber unmöglich außerhalb nach der einen oder andern Seite kreisen und auf der Außenseite in entgegengesetzter Richtung längs dem Drathe sich fortbewegen können, da die von entgegengesetzter Seite ihn ziehenden Kräfte ihn nur in gerader Linie, als der aus beyden

resultirenden, forttreiben würden. Auf ähnliche Weise, meint nun Faraday, möchten auch wirkliche Magnete wirken, und wenn sie hohl wären, eine Magnetnadel gleichfalls hineinziehen und an ihrer Innenseite dem Pole eine der an der Außenseite entgegengesetzte Bewegung ertheilen. Er suchte auch wirklich durch eine Stahlplatte, aus der er einen Cylinder gemacht, und den er dann magnetisirt hatte, ähnliche Erscheinungen darzustellen. Der Cylinder war zwar an dem einen Ende rundum nordpolarisch, an dem andern rundum südpolarisch, aber die Innenseite und die Außenseite hatten dieselben Eigenschaften, und kein Pol einer schwimmenden Magnetnadel würde längs der Axe desselben hinaufgegangen und längs der Außenseite wieder zurückgekehrt seyn, wie in einem Schraubendrathe, sondern er würde bey dem ungleichnamigen Pole desselben stehen geblieben seyn. — Wie weit die Theorie des Elektro-Magnetismus durch diese verschiedenen Versuche aufgeklärt, und wieferne sie für die eine oder die andere Ansicht, die in dieser Hinsicht aufgestellt ist, entscheidende Gründe geben, darauf werden wir unten zurückkommen.

76. Faradays Versuche sind von andern Physikern wiederholt, erörtert und zu ihrer Darstellung neue Apparate ersonnen worden. Insbesondere verdankt die Lehre die Erfindung derselben dem Scharfsinn des unermüdet forschenden Ampère. Eine Beschreibung und Abbildung der ersten Einrichtung findet sich in Gilberts Annalen, 1822 II. S. 172.*) Später verbesserte Ampère dieselbe und stellte dadurch neue Verhältnisse dar.**) Bey der früheren Ein-

*) Herrn Ampère's Apparat, das Kreisen vom Schließungsleiter um magnetische Körper zu zeigen, und Kreisen desselben durch bloßen Erdmagnetismus.

**) S. Notiz von seinen neuen Versuchen u. s. w. in Gilb. Ann. 1822. III. 32 und insbesondere des Herrn Ampère Beschrei-

richtung des Apparats war die kreisende Bewegung immer nur sehr langsam, weil der elektrische Strom, der sie mit hervorbrachte, nur von zwey Elektromotoren von geringer Oberfläche erregt wurde. Im März 1822 veränderte er seinen Apparat auf eine zweckmäßige Art so, daß sich ein Strom aus beliebig viel Paaren von Elektromotoren durch ihn hindurch leiten läßt, wodurch die Bewegung viel geschwinder und bestimmter wird. Er besteht in einem flachen cylindrischen Gefäß mit offener Mitte, dessen äußere und innere, die Oeffnung in der Mitte umgränzende und zwar concentrische Wand von Zink (oder jedem beliebigen Metall) ist, und der bestimmt ist, die säuerliche Flüssigkeit aufzunehmen, in welcher den Wänden derselben concentrisch ein kupferner Ring (oder von einem sonst beliebigen Metall) an dem untern Ende eines frey drehbaren Schließungsdrathes schwebt. In der runden Oeffnung der Mitte des Gefäßes befindet sich ein Kork, durch dessen Axe ein lothrechter Messingstab gedrängt gesteckt ist, damit man ihn in demselben herauf- und herabschieben kann. Sowohl an dem obern, als an dem untern Ende dieses Stabes befindet sich eine kleine Schale, in welche Quecksilber geschüttet wird, und in der obern Schale steht eine stählerne Nadel, welche dem zwey Mal rechtwinklich gebogenen kupfernen Drathe,

---

bung der verbesserten Einrichtung des von ihm im December 1821 bekannt gemachten und eines neuen elektro-dynamischen Drehungs-Apparats und Erörterung der Versuche, welche er mit beyden angestellt. Frey dargestellt von Gilbert. Ann. 1822. III. 257. Bey der früheren Einrichtung, wo der elektrische Strom durch die Galvanische Wirkung des Zinks des Gefäßes auf den beweglichen Kupferring hervorgebracht wurde, war der Zink nothwendig; bey dieser neuen Einrichtung, wo der Strom einer Voltaischen Säule durch den Schließungsdrath geleitet wird, kann jedes Metall substituirt werden.

an dem der kupferne Ring schwebt, zur Axe der drehenden Bewegung dient. An das Gefäß sind drey horizontale Kupferstreifen gelöthet, durch deren jeden an seinem äußern Ende eine lothrechte Schraube geht, welche, als Füße dienend, das Gefäß in wagerechter Lage ¼ bis ½ Zoll über dem runden Fußbret zu erhalten bestimmt sind. Dieses mit drey starken Beinen versehene Fußbret ist von doppelt so großem Durchmesser, als das Gefäß, und hat in der Mitte ein rundes Loch von eben der Größe, als der innere hohle Cylinder des Gefäßes. An einen jener Kupferstreifen ist eine für Quecksilber bestimmte Schale gelöthet, welcher gegenüber auf dem Fußbret eine ähnliche Schale steht*). Um die Einwirkung eines festen Schließungsleiters auf den beweglichen Schließungsleiter schneller nachweisen zu können, umwickelt man den äußern cylindrischen Umfang des Zinkgefäßes mit einem Kupferstreifen, der etwas schmäler, als der Umfang hoch, und der ganz mit Seidenband überzogen ist. Dieser Streifen ist so lang, daß er sich zehn bis zwölf Mal um das Gefäß umherführen läßt, und an beyden Enden desselben befinden sich unbekleidete Theile, welche in das Quecksilber der beyden zuletzt erwähnten Schalen herabgehen. Soll nun der Versuch angestellt werden, so verbindet man eine dieser Schalen mit dem negativen Ende eines Voltaischen Apparats und die unten an dem lothrechten Messingstabe befindliche Schale mit dem positiven Ende. So ist der Voltaische Kreis geschlossen, und es steigt nun der (positive) elektrische Strom in dem Messingstabe auf, und in den beyden Armen des drehbaren Schließungsdrathes wieder herab zu dem in dem säuerlichen Wasser schwebenden cylindrischen Ring, und strahlt aus diesem rings

---

*) Die Beschreibung ist so genau, daß sie, meiner Meinung nach, jede Abbildung entbehrlich macht.

umher durch das Wasser hindurch nach der äußern Wand des Zinkgefäßes, um nach der mit ihr an dem einen Kupferstreifen leitend verbundenen Quecksilberschale zu gehen, durchströmt dann die 10 bis 12 Streifen der kupfernen Spirale von außen nach innen, ergießt sich in die andere Quecksilberschale, in welche das andere Ende der Spirale taucht, und gelangt aus ihr in das negative Ende des Voltaischen Apparats. Sogleich wird der Kupferring an dem beweglichen Leiter in eine kreisende Bewegung gerathen, und zwar wird er sich fortdauernd nach entgegengesetztem Sinne drehen, als der elektrische Strom in dem spiralförmigen Kupferstreifen fließt, so lange der Voltaische Apparat geschlossen bleibt. Schiebt man nun den spiralförmigen Kupferstreifen um den halben Umfang des Zinkgefäßes fort, ohne etwas Anderes an dem Apparat zu verändern, und taucht nun so die Enden dieses Spiralstreifens in die entgegengesetzten Schalen, so daß der elektrische Strom zwar den beweglichen Schließungsleiter noch in der nehmlichen Richtung, wie zuvor, den Spiralstreifen aber nun von innen nach außen, also entgegengesetzt, wie im vorigen Falle, durchfließt, so geht nun auch die Bewegung nach entgegengesetzter Richtung, als zuvor, vor sich; sie bleibt aber dieselbe, wenn man bey der angegebenen Verrückung des Spiralstreifens den ganzen elektrischen Strom in entgegengesetzter Richtung gehn läßt, indem man das untere Schälchen des lothrechten Messingstreifens mit dem negativen Ende des Voltaischen Apparats in Verbindung setzt. Nimmt man den spiralförmigen Kupferstreifen ganz fort, so ist der den beweglichen Leiter durchfließende elektrische Strom bloß dem E i n f l u s s e d e r E r d e überlassen. Auch unter diesen Umständen beobachtete Ampère eine, wenn gleich langsam drehende Bewegung bey Anwendung einer Voltaischen Batterie von zehn 4″ breiten und 6″ hohen Wollastonschen Platten. Fließt der Strom durch die Arme des beweglichen

Leiters aufwärts, d. h. ist das untere Ende des lothrechten Messingdrathes mit dem negativen Ende des Voltaischen Apparats verbunden, so geschieht die Drehung in derselben Richtung, in welcher nach Ampère's Theorie (s. u.) die elektrischen Ströme der Erde von Osten nach Westen umfließen, nehmlich von Osten durch Süden nach Westen; bey umgekehrter Richtung des elektrischen Stroms geschieht die Drehung in entgegengesetzter Richtung. Ich erinnere jedoch, daß in diesem Versuche nicht der Erdeinfluß allein thätig ist, sondern daß auch die äußere und innere Wand des Gefäßes, durch welche die Elektricität sich strömend verbreitet, auf den Kupferring wirkt*). Statt des spiralförmigen Kupferstreifens wandte Ampère auch einen Magnet an, oder ein Bündel ähnlich liegender Magnetstäbe, das er lothrecht mit dem untern Ende so in das untere Quecksilberschälchen stellt, daß das obere Ende sich in der Mittelöffnung des Gefäßes befindet. Die Richtung, in welcher sich der bewegliche Leiter dreht, hängt von dem Magnetpole, welcher in der Oeffnung sich befindet, und der Richtung des elektrischen Stromes durch den beweglichen Leiter aufwärts oder abwärts ab. Dieselbe Wirkung, wie durch einen lothrechten Magnetstab, läßt sich auch erhalten, wenn man statt desselben mehrere horizontale Magnete nimmt, und sie auf dem Brete des Fußgestells unter dem Boden des Zinkgefäßes, mit ihren gleichnamigen Polen dem Mittelpuncte des lothrechten Stabes zugekehrt, wie Halbmesser eines Kreises legt.

Herrn Ampère ist es auch gelungen, einen Magnetstab, um seine eigene Axe drehen zu machen, indem

*) Faraday hat eine andere Vorrichtung erdacht, um eine Art von Kreisung des Leitungsdrathes um den magnetischen Pol der Erde darzustellen; s. Gilb. Ann. 1822. III. S. 118.

er einen festen Leitungsdrath mit einer Spitze an seinem Ende in das Quecksilber, das in der obern Höhlung eines Magnetstabs sich befand, tauchen ließ. Der Magnetstab, unterhalb mit einem Platinagewichte beschwert, schwimmt lothrecht in dem Quecksilber eines cylindrischen Glasgefäßes, in das ein Kupferring an dem innern Umkreise des Gefäßes bis an die Quecksilberfläche hinabreicht. Durch den Schließungsdrath ist der Magnetstab in der Axe des Gefäßes gehalten. Der elektrische Strom wird durch eine angemessene Vorrichtung durch den Schließungsdrath, den Magnet, das Quecksilber und den Kupferring hindurchgeleitet. Auch ein Schließungsdrath konnte auf diese Weise um seine eigene Axe in Drehung versetzt werden.

77. Newmanns Apparat zur Darstellung beyderley Arten von Rotationsbewegungen eines Schließungsdrathes um einen Magnetpol und eines Magnetpols um einen Schließungsdrath verdient für Freunde dieser Forschungen hier noch eine nähere Erwähnung. Man sieht ihn in Fig. 27 in dem vierten Theile seiner natürlichen Größe abgebildet. Auf dem kleinen, sechs Zoll langen und drey Zoll breiten Fußbrete stehen an der vordern Seite zwey Gläser von der angegebenen Gestalt, und in der Mitte der hinteren Seite eine kleine, sechs Zoll hohe Säule aus Messing, an welcher zu oberst ein horizontaler Drath nach vorn hervorgeht. Dieser trägt einen zweyten, ihn senkrecht durchkreuzenden horizontalen Drath, welcher über die Gläser hingeht, und sich mit zwey lothrecht herabgehenden Armen endigt, die sich genau über dem Mittelpuncte des Glasgefäße befinden. Das links stehende Glas ist bestimmt, daß ein Pol eines Magnetstabs in demselben um einen festen Schließungsleiter umherkreise. Es ist im Boden durchbohrt, und hat hier ein kupfernes Stäbchen eingeschmergelt, das ein wenig in das Gefäß hineinragt, unten aber an einer kleinen Kupferscheibe festgenietet ist, auf der das Glas

unmittelbar steht. Eine zweyte Kupferplatte befindet sich in dem aus Holz gedrehten Fußgestelle des Glases, und auf sie kömmt die erstere zu liegen; die einander zugekehrten Flächen beyder sind amalgamirt, damit sie länger rein und glänzend bleiben und sich genauer berühren. An dieser letzteren Kupferscheibe ist in der Mitte ihrer unteren Seite ein dicker kupferner, rechtwinklich gebogener Drath befestigt, dessen horizontaler Arm links abgeht, und eine der Verbindungen mit den Elektromotoren abgibt. Den cylindrischen Magnetstab, welcher zum Umherkreisen gebraucht werden soll und der kräftig magnetisch seyn muß, befestigt man mit seinem einen Ende mittelst eines dünnen Draths an das obere Ende des in das Glas hinein ragenden Kupferstäbchens. Er muß mit seinem Drathe so abgepaßt seyn, daß, wenn man das Glas mit reinem Quecksilber vollgegossen hat, das obere freye Ende des Magnets nur wenig über die Oberfläche des Quecksilbers herausragt. Die Verbindung des Schließungsleiters auf dieser Seite ergibt sich aus der Abbildung. Er reicht eben in die Quecksilberfläche in ihrem Mittelpuncte lothrecht herab, ist dünner, als der Stab, an dem er befestigt ist, und zu innigerer Berührung mit dem Quecksilber am untern Ende amalgamirt. Die Einrichtung auf der andern Seite erklärt sich leicht von selbst. Es ist hier nur der Fuß des Glases durchbohrt, und ein kupfernes Rohr hineingekittet, das zur Aufnahme eines Magnetstabs dient. Unten ist das Rohr mit einer angelötheten Kupferplatte geschlossen, deren Verbindung mit dem Elektromotor ihrer Seits eben so, wie auf der andern Seite, vorgerichtet ist. Der an dem horizontalen Arme etwa ¼ Zoll lothrecht über der Mitte des Bechers herabgehende Arm hat zu unterst eine becherförmige Höhlung, wie Fig. 28 sie zeigt, deren Oberfläche ganz amalgamirt ist. Es paßt in diese Höhlung ein Kügelchen, welches zu oberst an dem dünnen Stück Kupferdrath angebracht ist, das um den Magnetpol umher-

kreisen soll, daß Raum genug zu freyer Bewegung bleibt, wie in den Gelenken. Damit der Drath nicht aus der Höhlung herausfallen könne, ist zu oberst an dem Kügelchen ein Drathfaden befestigt, dessen anderes Ende um den dicken Drath gewickelt ist, wie Fig. 28 zeigt. Man könnte statt dieser Aufhängung auch irgend eine andere, z. B. mit Oehr und Haken, oder ein an dem obern Ende festsitzendes Schälchen mit Quecksilber wählen, in welches ein oben hakenförmiger, frey beweglicher Drath mit seinem zugespitzten Ende aufsteht. Als Herr Faraday den links und rechts aus den Gläsern abgehenden Kupferdrath dieses Kupferdraths mit dem Hareschen Calorimotor*) (ein einfacher Elektromotor von sehr großer Oberfläche der Metallplatten) verband, der ihm zu seinen frühern Versuchen gedient hatte, kreiste der Drath so schnell um den Magnetpol, daß das Auge demselben kaum zu folgen vermochte.

78. Daß sich durch mancherley Combinationen anderweitige Bewegungs-Erscheinungen, die auf dem Principe der Kreisung beruhen, darstellen lassen werden, ist leicht zu erwarten. Einen merkwürdigen, hierher gehörigen Versuch solcher Art hat Barlow angestellt. AB Fig. 29 ist ein viereckiges Bret von hartem Holz, CDE eine zwey Mal rechtwinklich gebogene Kupferstange, abcd ein dünnerer Kupferdrath, in Form eines Rechtecks an die Kupferstange in E gelöthet; die untere Seite dieses Rechtecks dient zur Axe, um welche sich das Rad W aus Kupfer mit voller Freyheit bewegen kann; fg ist eine Aushöhlung in dem Brete, zur Aufnahme von Quecksilber, gi eine kleine Rinne, welche mit der Aushöhlung zusammenhängt, HM ist ein starker Hufeisenmagnet. Man gießt Quecksilber in

*) Eine sonderbare Benennung, um einen Apparat zu bezeichnen, dessen secundäre Wirkung doch nur die Wärme-Erzeugung ist.

die Höhlung, so daß die Zähne des Rades mit ihren Enden in dasselbe untertauchen, und gießt noch zum Ueberflusse verdünnte Salpetersäure darüber, und schließt nun den Galvanischen Kreis, indem man den einen Pol mit D, den andern mit dem Quecksilber in der Rinne gi in Verbindung bringt. Sogleich fängt das Rad W an, mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit sich umzudrehen, so daß das Auge nicht folgen kann. Es wurde zu diesem Versuche ein Harescher Calorimotor von 20 Kupfer- und Zinkplatten, jede von 10 Zoll Seite angewandt; ein schwächerer Voltaischer Apparat bringt dieselbe Wirkung hervor. Die Art der Aufhängung des Rades ersieht man aus Fig. 30. Um eine vollkommenere Leitung des elektrischen Stromes zu erhalten, muß man die beyden Zapfenlager, die feinen Zapfen des Rades selbst, so wie die Enden seiner Zähne amalgamiren. Werden die Verbindungen der Pole der Säule verwechselt, oder der Hufeisenmagnet bey unveränderter Richtung des elektrischen Stroms in seiner Lage umgekehrt, so geschieht die Drehung des Rades in entgegengesetzter Richtung. Barlow fand indessen, daß sie am geschwindesten war, wenn sie rückwärts ging. Auf diesen Versuch wurde Barlow zunächst durch die Beobachtung geleitet, daß, wenn man einen Hufeisenmagnet einem Leitungsdrathe, der zur Anstellung der Rotationsversuche Faradays aufgehängt ist und in Quecksilber taucht, gegenüber hält, der Drath sogleich eine rasche äußerst oscillatorische Bewegung annahm, ganz aus dem Quecksilber herausging, wieder in dasselbe durch seine Schwere (bey unterbrochenem Voltaischen Kreise) zurückfiel, und so abwechselungsweise *).

*) Bibl. britannique XX. Vol. Jun. 1822. S. 129.

XIII.

Vergleichung der Wirksamkeit der auf mechanische Weise erregten gewöhnlichen Maschinen-Elektricität in Erregung magnetischer Erscheinungen mit der Galvanischen Elektricität. Unwirksamkeit des einfachen elektrischen Stromes. Wirksamkeit einfacher elektrischer Funken, so wie elektrischer Entladungsschläge. Einfluß der Gestalt des Leiters und der Richtung des elektrischen Stromes auf die Lage der dadurch erzeugten Magnetpole in Stäben von Stahl, welche der Einwirkung desselben unterworfen werden. Wechselseitige Anziehung gewöhnlicher elektrischer Ströme gegen einander, wenn sie in gleicher Richtung gehen, und Abstoßung bey entgegengesetzter Richtung.

---

79. Eine für die Theorie dieser Erscheinungen höchst wichtige Frage, die sich sogleich aufdringen*) und die erst erledigt werden mußte, ehe man einen sichern Schritt vorwärts thun konnte, war, ob die gewöhnliche Elektricität dieselbe Kraft, wie die Galvanische, in Erregung des Magnetismus äußere, oder ob gerade hierin letztere ihre Verschiedenheit von der ersteren, die immer noch einige Physiker anzunehmen geneigt geblieben waren, so deutlich

---

*) Arrago in Paris hat in gewisser Hinsicht zuerst auf solche Versuche hingewiesen; vergl. Gilb. Ann. 1820. III. S. 320. 321. 1821. I. 162. (er theilte seine Versuche am 6. Nov. 1820 der Akademie der Wissenschaften mit) und 1821. II. S. 17. 18.

ausspreche, daß auf eine Verschiedenheit des innern Grundwesens selbst mit Sicherheit geschlossen werden könne. Zwar schien schon das Mißlingen der älteren Versuche (vergl. I. 4. S. 7.) mit gewöhnlicher Elektricität über diese Frage entschieden zu haben. Da indessen diese Versuche nicht unter denselben Umständen angestellt worden waren, als die elektro-magnetischen mit den Galvanischen Elektromotoren, da eben diese auf ganz neue Verhältnisse hingewiesen hatten, die in jenen älteren Versuchen unbeachtet geblieben waren, so verdienten sie unstreitig eine Wiederholung und Erweiterung nach den neuen Gesichtspuncten, die gewonnen worden waren, und in der That hat der Fleiß der Physiker auch auf diesem Felde neue schöne Früchte geärntet. Unter den Deutschen hat v. Yelin zuerst dergleichen Versuche mit Erfolg angestellt, außer ihm verdanken wir vorzüglich Humphry Davy, den holländischen Physikern van Beek, Rees und Moll, W. Pfaff zu Erlangen, und Böckmann zu Carlsruhe interessante Beobachtungen.

80. Dreyerley Verhältnisse sind es, unter welchen die gewöhnliche, auf mechanische Weise erregte Maschinen-Elektricität zur Erregung des Magnetismus und elektro-magnetischer Bewegungen in Wirksamkeit gesetzt werden kann:

a) unter der Form eines fortwährenden, in keinem Augenblicke mit merklicher Spannung versehenen Stromes, der dem fortdauernden elektrischen Strome einer Galvanischen Kette oder eines Voltaischen Apparats am nächsten kömmt,
b) unter der Form einfacher Funken aus gewöhnlichen elektrischen Leitern,
c) unter der Form der verstärkten Elektricität als Entladungsfunken aus geladenen Flaschen oder Batterien.

Unstreitig sind die Versuche der ersten Art die interessantesten, aber gerade sie sind es, die bis jetzt kein befriedigendes Resultat gegeben haben. So fand Davy, als er den ersten Leiter einer mächtigen Elektrisirmaschine mit der Erde durch einen feinen Drath verband, und sehr kleine Nadeln an demselben in die Quere anbrachte, keine Spur von Magnetisirung derselben *).

Auch v. Yelin war es nicht gelungen, durch den auf gewöhnliche Art geführten Oerstedschen Drath, wenn er durch gewöhnliche Glas= oder Harz=Elektricität elektrisirt wird, (ob Hr. v. Yelin einen durch denselben fortwährend hindurch geleiteten positiven oder negativen elektrischen Strom, oder vielmehr die Ladung eines solchen Drathes mit freyer gespannter Elektricität versteht, ist nicht ganz klar) die Magnetnadel zu der bekannten eigenthümlichen Abweichung zu vermögen, ohne daß sie auf andere, als die gemeine Art, angezogen würde. Die Versuche selbst will er auf die mannichfaltigste Weise abgeändert haben. Eben so wenig konnte er in einer in einer Drathschraube eingeschlossenen Nadel durch den durch dieselbe geleiteten elektrischen Strom eine Spur von Magnetismus erregen, ohngeachtet die Maschine eine volle Stunde in ununterbrochenem Gange erhalten wurde.

Ich selbst habe auf diese Versuche einen vorzüglichen Fleiß verwendet. Meine vortrefflich eingerichtete Scheibenmaschine versprach mir einen guten Erfolg. Die Scheibe selbst ist außerordentlich elektrisch, und beynahe bey jeder Witterung schlagen aus dem ersten Leiter auf die große Kugel des Funkenziehers anhaltend dicke Funken von einer Länge von 15 bis 16 Pariser Zoll. Von einer solchen Maschine konnte ich einen hinlänglich starken elektrischen Strom

---

*) Gilb. Ann. 1822. II. S. 233.

erwarten, um, wenn hier nicht andere Verhältnisse noch im Spiele seyn sollten, einem Leitungsdrathe dieselbe magnetische Wirksamkeit zu ertheilen, wie der Voltaische Strom sie demselben verleiht. Ich verband Dräthe von verschiedener Dicke unmittelbar mit dem Einsauger, und machte zugleich eine so vollkommene Ableitung, wie möglich, nach dem feuchten Erdboden. Diese Dräthe, durch welche fortdauernd die durch schnelles Umdrehen der Maschine so reichlich erzeugte Elektricität abfloß, zeigten aber nicht die geringste Wirkung auf die Magnetnadel, auch wurden mit Seide umwickelte Stahlnadeln, so wenig der Quere, als der Länge nach an diese Dräthe befestigte oder in schraubenförmige Windungen solcher Dräthe eingeschlossene, im geringsten magnetisch. Es machte keinen Unterschied, ob ich diese Dräthe, durch welche fortwährend der elektrische Strom hindurchfloß, lang oder kurz nahm. Ich nahm nunmehr zum Multiplicator meine Zuflucht. Da mich die oben erzählten Versuche (VIII. 46—50) belehrt hatten, daß man auch die Kraft sehr schwacher Galvanisch-elektrischer Ströme durch Hülfe eines angemessenen Multiplicators hinlänglich verstärken könne, um sehr bewegliche Magnetnadeln zu einer mehrere Grade betragenden Abweichung zu bringen, so hoffte ich wenigstens auf diesem Wege einigen Erfolg zu erhalten. Wie mannichfaltig ich aber auch diese Versuche abänderte, sie blieben ohne allen Erfolg. Es wurde nicht die leiseste Bewegung der Magnetnadel durch den durch einen Multiplicator von 200 Windungen hindurch gehenden Strom meiner Maschine bewirkt. Dieses Resultat ist um so auffallender, da der elektrische Strom, der durch ein Plattenpaar von nur zwey Linien im Durchmesser, mit einer mit Salmiak getränkten Pappe erregt wurde, durch eben diesen Multiplicator zu einer Intensität gesteigert wurde, um die Magnetnadel mehrmals durch die ganze magnetische Windrose herum zu treiben,

und dann permanent auf einer Abweichung von 80° zu erhalten. Der Erfolg blieb derselbe, als ich das eine Ende des Draths, der mit dem Multiplicator (vergl. die Fig. 17) zusammenhing, mit dem Reibkissen, und das andere Ende mit dem Erdboden in Verbindung setzte. Ich muß jedoch bemerken, daß es mir bey Anstellung dieser Versuche nie gelingen wollte, alle elektrische Spannung aufzuheben. Ohngeachtet der vollkommensten Ableitung nach dem Erdboden und der Anwendung eines Multiplicators von ½''' im Durchmesser, gab der Drath von Zeit zu Zeit kleine Funken an die Finger, die ganz nahe gebracht waren, und zwar, wenn sich die Elektricität, die durch den Einsauger nicht schnell genug aufgenommen werden konnte, an der Scheibe angehäuft hatte, und nun in größerer Masse in den Leiter auf ein Mal überging. Ich suchte diesem Umstande eben dadurch abzuhelfen, daß ich einerseits die Verbindung mit dem Reibkissen, andererseits mit dem Erdboden machte, weil wenigstens vom Reibkissen aus keine solche abwechselnd stärkeren Entladungen erfolgen konnten, aber auch unter diesen Umständen gab der Drath des Multiplicators noch kleine Funken. Ich nahm statt des metallischen Zuleiters einen naßgemachten Bindfaden, den ich einerseits mit dem Einsauger, andererseits mit dem Multiplicator in Verbindung setzte, in diesem Falle war aber die Zuleitung viel zu langsam. — Woher nun dieses ganz abweichende Verhalten des fortwährenden Stromes einer Elektrisirmaschine? Kaum sollte man glauben, daß in der zu geringen Menge von Elektricität, welche eine so kräftige Maschine in gleicher Zeit zu liefern im Stande ist, der Grund zu suchen sey. Ist vielleicht der Umstand, daß die Elektricität noch immer merkliche freye Spannung behielt, vielmehr in Betracht zu ziehen.

81. Einen bessern Erfolg, als die Versuche mit anhaltendem elektrischen Strome, lieferten die Versuche mit

der Elektricität, die in Funken, sowohl einfachen, als verstärkten, angewandt wurde. Da zwischen beyden Arten in der That nur ein quantitativer Unterschied Statt findet, und man durch sogenannte einfache Funken, wenn sie nur stark genug sind (mit Hülfe sehr wirksamer Elektrisirmaschinen oder großer Conductoren), alle Wirkungen der verstärkten Elektricität hervorbringen kann, so können wir füglich beyderley Arten von Versuchen zusammenfassen. v. Yelin stellte dieselben mannichfaltig abgeändert an*). Sie beschränkten sich bloß auf Erregung des Magnetismus in unmagnetischen Stahlnadeln. Alle Gesetze, welche wir oben (IX. 57 — 59) über die Art der Erregung des Magnetismus durch den Voltaischen Strom, über die vorzügliche Wirksamkeit schraubenförmiger Dräthe, über die Lage der Pole der Nadeln, abhängig von dem Ende, an welchem der positive Strom eintritt, und von der Art der Windung der Schraubengänge vorgetragen haben, fanden sich auch durch diese in Funken auf den Leitungsdrath übergehende gewöhnliche Elektricität vollkommen bestätigt. Ob die Stahlnadel in einer Glasröhre, um welche der Schraubendrath gewunden war, sich befand, oder in Papier, Leinewand, Wachstaffent, in dünnen Büchsen von Holz, Elfenbein sich befand, machte keinen Unterschied, und derselbe Erfolg wurde auch erhalten, als sie in einem Glasröhrchen frey schwebend in Wasser sich befand. Die Stärke des erregten Magnetismus fand v. Yelin bedingt durch die Energie der einwirkenden Elektricität im Verhältnisse gegen die Masse der Nadeln und nicht sowohl durch die Menge der Funken selbst. Eine Stahlnadel, welche durch fünf einfache Funken magnetisch geworden war, hatte an Stärke nicht be-

---

*) S. die erste Nachricht in Gilb. Ann. 1820. III. S. 406 und die Fortsetzung 1821. II. S. 17.

deutend zugenommen, als sie 2,000 eben so starke Funken erhalten hatte. Auch will v. Yelin in einer in eine enge Glasröhre eingeschlossenen Stricknadel Magnetismus erregt haben, als er der ganzen Länge nach einen Clavierdrath gerade und unter Vermeidung aller Windungen darüber hinspannte, und einen starken Funken aus einer Kleistischen Flasche von zwey Quadratfuß Belegung hindurch leitete, und zwar soll der Nordpol dahin gelegen haben, wo die positive Elektricität eingetreten war. Sollte hier nicht ein Irrthum zum Grunde liegen? Andere Versuche haben gelehrt, daß auf diese Weise wenigstens kein Längenmagnetismus hervorgerufen wird. Denselben Versuch stellte v. Yelin später auch so an, daß er, um jede Mitwirkung eigentlicher Erschütterung zu vermeiden, und also den Verdacht einer Wirkungsart der Elektricität, wie in den früheren Versuchen (I. 4), zu entfernen, das eine Ende des Draths mit der negativen Belegung einer Batterie in Verbindung brachte, und das andere Ende schnell gegen den Knopf der innern Belegung führte, wo dann die Entladung ohne einen förmlichen Funken geschah. H. Davy bediente sich der Entladungsschläge stärkerer Batterieen, und fand gleichfalls alle oben angeführten Gesetze bestätigt. Bey Anwendung gerader Entladungsdräthe mußte die Richtung der Nadeln quer auf dieselbe seyn, waren sie damit parallel, so wurden sie nicht magnetisch. Eine stark geladene Leidner Batterie von 17 Quadratfuß Belegung erzeugte, durch einen Silberdrath von $\frac{1}{20}''$ Dicke entladen, einen so starken Magnetismus, um 2" lange und $\frac{1}{10}''$ dicke Stahlstäbe hinlänglich stark zu magnetisiren, daß sie kleine Drathstücke anzogen. Dieser elektrische Strom äußerte seine Wirkung auf fünf Zoll um den Drath herum durch Wasser, dicke Glasplatten, elektrisch isolirtes Metall. Er fand auch hier bestätigt, daß Stahlstäbe, welche selbst Theile des Entladungskreises machten, keine Polarität, wenigstens nicht an den

Enden zeigten. Davy befestigte mit Zwirn auf einer aus Pappe geschnittenen Kreisscheibe von 2½ Zoll Durchmesser sechs kurze Stahlnadeln, eine nahe bey der andern, so daß sie die Seiten eines in den Kreis beschriebenen Sechsecks bildeten, sich aber einander nicht berührten. Nachdem er durch den Mittelpunct der Scheibe, senkrecht auf sie, einen Drath gesteckt hatte, der sie in horizontaler Lage hielt, entlud er eine positiv geladene Batterie auf dem obern Ende desselben, während das untere Ende mit dem äußern Belege verbunden war. Alle Nadeln fanden sich magnetisch. Je zwey ungleichnamige Pole derselben waren einander zugekehrt, und wenn man, von dem Nordpole nach dem Südpole derselben Nadel zu, den Kreis durchlief, so bewegte man sich im entgegengesetzten Sinne, als sich scheinbar die Sonne bewegt, nehmlich von Westen nach Osten; bey umgekehrter Richtung der Entladung verhielt sich die Lage der Pole entgegengesetzt. Auch, wenn auf die angezeigte Weise mehrere sich einschließende Polygone aus Nadeln gebildet wurden, wurden sie alle magnetisch, und die Vertheilung der Pole fand dem angegebenen Gesetze gemäß Statt. Dasselbe Resultat wurde erhalten, die Pappscheibe mochte horizontal, oder lothrecht, oder auf welche Art gegen den Horizont geneigt seyn, und welche Richtung auch der Drath, der die Entladungsaxe bildete, gegen den magnetischen Meridian hatte. Immer war nehmlich die Lage der Pole in Beziehung auf die Richtung des elektrischen Stromes dieselbe, und läßt sich dadurch fixiren, daß man sich in Gedanken selbst in den elektrischen Strom versetzt, mit dem Gesichte gegen die einzelnen Nadeln gekehrt, wo dann der Nordpol stets links, der Südpol stets rechts gelegen seyn wird. Böckmanns Versuche*) haben nichts Wesentliches hinzugefügt.

*) Gilb. Annalen. 1821. II. S. 3.

82. Sehr zahlreiche Versuche dieser Art sind von einigen holländischen Physikern, van Beek, den Professoren Moll und van Rees und Herrn van der Bos zu Utrecht angestellt worden, die außerdem, daß sie in ihren Hauptresultaten mit den bereits angeführten übereinstimmten, noch einige eigenthümliche, nicht uninteressante Erscheinungen darboten*). Sie bedienten sich einer Batterie von 8¾ Quadratfuß Belegung, und die Stahlnadeln, die gewöhnlich magnetisirt wurden, hatten eine Länge von 2¾ Zoll. Sie erhielten auch mit gewöhnlicher Elektricität, wie Arrago mit der Galvanischen, bey acht Mal abwechselnd rechts und links gewundenem Schraubendrathe an einem 24 Zoll langen Stahldrathe eine Reihe von 16 Polen, die nach dem bekannten Gesetze mit einander abwechselten. Wurde die Batterie durch einen geradlinigen Messingdrath entladen, welcher durch eine Glasröhre ging, um die ein Drath aus weichem Eisen schraubenförmig gewunden war, so wurde dieser stark magnetisirt, und es befand sich der Nordpol desselben bey rechtsgewundenen Schraubengängen der Seite der — Elektricität, bey links gewundenen der Seite der + Elektricität zugewendet. Krümmt man diesen biegsamen Magnet, und vereinigt so seine beyden Pole: so wirkt er gar nicht mehr auf eine Magnetnadel (nehmlich polarisch), und in diesem Zustande behält er, obgleich aus weichem Eisen, ziemlich lange seine magnetische Eigenschaft. Durchkreuzte die Stahlnadel den geradlinigen Messingdrath, der senkrechten Richtung sich mehr oder weniger nähernd, so wurde er bey wiederholten Entladungen stets magnetisirt, ob er nun in Beziehung auf den horizontalen Messingdrath eine horizontale, lothrechte oder unter irgend einem Winkel geneigte Richtung hatte, und die Lage der Pole zeigte

*) Gilb. Ann. 1822. III. S. 12 — 31.

sich in Beziehung auf die Vertheilung der + E und — E an beyden Enden des Drathes oder auf die Richtung des elektrischen Stromes, wie sie Seebeck für Magnetnadeln, die er durch queres Streichen an einem Galvanischen Leitungsdrathe magnetisirte, gefunden hatte (IX. 56). Ueber einen Messingdrath mit Vförmiger Biegung wurde auf einer Glasplatte eine Stahlnadel so gelegt, daß sie die Schenkel des Drathes in der Mitte durchkreuzte. Stellt man sich alsdann so, daß man das + E Ende des Drathes vor sich, die offene Mündung der Vförmigen Biegung das erste Mal links, das zweyte Mal rechts hat, so zeigt nach der Entladung die Nadel drey Pole; die beyden Enden derselben sind im ersten Falle Südpole, im zweyten Nordpole, und ihr zwischen den beyden Schenkeln liegendes Stück hat in jenem Falle einen Nordpol, in diesem einen Südpol. Umgekehrt verhielt sich Alles, wenn die Nadel unterhalb dem Vförmigen Drathe sich befand. Ein zwölf Zoll langer Stahlstab, welcher einen wiederholt im Zickzack gebogenen Messingdrath der Länge nach durchkreuzte, zeigte dieselben Erscheinungen in wiederholter Folge, da jedes einzelne Zickzack gleich dem Vförmigen Messingdrathe wirkte. Gegen v. Yelins Behauptung (81) fanden die holländischen Physiker, daß einem geraden Messingdrathe genau parallel liegende, durch eine Glasplatte von ihm getrennte Stahlnadeln durch mehrere Entladungsschläge nicht im Mindesten magnetisch (der Länge nach) werden, sie mögen sich über oder unter demselben befinden. Vielmehr verloren Stahlnadeln, die auf die oben angegebene Weise magnetisirt worden waren, ihren Magnetismus durch wiederholte Entladungen. Versuche mit Stahlplatten, durch welche Entladungsschläge in verschiedenen Richtungen hindurchgeführt wurden, belehrten diese Physiker bald, daß diese anscheinende Vernichtung des Magnetismus nichts Anderes, als der Anfang einer neuen

transversalen Polarität war, welche der Stahl bey der zweyten Entladungsart annimmt, und die sich nur in Nadeln nicht wahrnehmen läßt, weil sie dazu nicht breit genug sind; NB.*). So wurde durch die Mitte einer Stahlplatte von $3\frac{3}{9}$" Länge und $2\frac{1}{2}$" Breite der Länge nach ein Messingdrath hingeführt, und die Batterie durch denselben entladen. In diesem Falle zeigte nun die eine Hälfte der Stahlplatte ihrer ganzen Länge nach den einen, die andere Hälfte den andern Pol, so daß diese Pole rechts und links vom Messingdrathe lagen. Wurden nunmehr Entladungsschläge von viel geringerer Stärke in einer auf die vorige senkrechten Richtung durch einen der Breite nach in der Mitte über die Stahlplatte ausgespannten Messingdrath geführt, so wurde die zuvor entstandene Polarität nur zum Theil aufgehoben, und der Platte der Längenmagnetismus zu beyden Seiten des Messingdraths, der Nordpol auf der einen, der Südpol auf der andern Seite, nur bis zu einer gewissen Ausdehnung ertheilt, über welche hinaus die Platte ihre vorige Polarität beybehielt.

Da diese Physiker bey Anstellung dieser Versuche vorzüglich die Prüfung der Ampèreschen Theorie von der Constitution der Magnete, als auf elektrischen Strömen in Ebenen, senkrecht auf die Axe kreisend, beruhend, (s. u.), zur Absicht hatten, so wurden sie dadurch noch auf folgende interessante Versuche geleitet. Ein längs seiner Axe durchbohrter, drey Zoll langer und einen Zoll dicker Stahlcylinder, in dessen Durchbohrung eine an beyden Enden offene Glasröhre, und durch sie ein Messingdrath gesteckt waren, wurde durch wiederholte mächtige Entladungsschläge der Batterie nicht im geringsten magnetisch. Als der Versuch

---

*) Ich bezeichne diesen Versuch mit NB., weil ich bey der Darstellung der Ampèreschen Theorie auf ihn verweisen werde.

aber mit einem eben so durchbohrten Stahlcylinder wiederholt wurde, der mittelst eines Schnitts durch seine Axe in zwey Hälften (jede einen Halbcylinder vorstellend) zertheilt war, die durch zwey messingene Ringe wieder vereinigt waren, zeigte sich zwar wiederum der Cylinder nach mehreren starken Entladungsschlägen nicht magnetisch. Kaum aber hatte man ihn in seine beyden Hälften aus einander genommen, so erschienen diese stark magnetisirt, und zwar hatte die eine Hälfte den entgegengesetzten Pol, als die andere. Legt man beyde wieder an einander, so war aller Magnetismus verschwunden, beym Auseinandernehmen derselben aber wieder da. Dieser artige Versuch läßt sich noch bequemer mit einer kreisrunden, im Mittelpuncte durchbohrten Stahlplatte anstellen, in sofern sie einen auf der Axe senkrechten Querschnitt eines solchen Cylinders darstellt. Eine Glasröhre mit einem Messingdrathe wurde durch ihre Mitte gesteckt. Die stärksten Entladungsschläge vermochten nicht, in der Scheibe ein Zeichen von Magnetismus zu bewirken; durchschnitt man sie aber mit der Blechschere in der Richtung irgend einer ihrer Durchmesser, so zeigten sich die beyden Hälften entgegengesetzt magnetisch, die eine mit Nordpolarität, die andere mit Südpolarität. Wurden beyde an einander gelegt, so war keine Polarität zu erkennen*). Hier möchte wohl ein Irrthum zum Grunde liegen,

*) Denselben Versuch hat nach Seebecks Zeugniß schon früher Ermann mit demselben Erfolge angestellt. Seebeck wiederholte ihn mit der Galvanischen Elektricität. Die Stahlscheibe wurde mit ihrer Fläche zwischen die Leiter einer stark wirkenden Galvanischen Kette gespannt. Nach der Trennung von der Kette ist der Magnet völlig latent, so lange sie unverletzt ist; sobald aber an irgend einer beliebigen Stelle ein Einschnitt gegen den Mittelpunct zu gemacht wird, tritt der Magnetismus frey hervor, und zwar liegt längs der einen frey gewordenen Seite

wenn jeder der beyden Hälften des Cylinders oder der Kreisscheibe einseitige Polarität zugeschrieben wird. An andern Stellen des Aufsatzes*) heißt es auch nur, daß beyde Hälften, sowohl der Platte, als des Cylinders, von einander getrennt, starke magnetische Polarität hatten. Ohne Zweifel wurden vom Hrn. Prof. Moll nur die Polaritäten an den convexen Seiten beobachtet, die ebenen Seiten jeder Hälfte besaßen wohl die entgegengesetzte Polarität der convexen.

83. W. Pfaff**), Professor in Erlangen, hat die Wirkung von ebenen Spiralen (archimedischen Schneckenlinien von Metalldrath), durch welche einfache elektrische Funken hindurch geführt wurden, auf die Magnetisirung von Stahlnadeln untersucht, wodurch die Gesetze, nach welchen im Verhältniß der Richtung der elektrischen Ströme auf der Axe solcher Nadeln die Pole erzeugt werden, wie sie aus den Versuchen mit schraubenförmig gewundenen und geraden, quer gehenden Dräthen sich ergeben, gleichsam nur von einer andern Seite bestätigt wurden. Das Interessante an diesen Versuchen ist, daß die mannichfaltige Art, wie die zu magnetisirenden Nadeln über die Spirale hingelegt werden können, entweder als Durchmesser durch ihre Mitte, oder als Radien, oder als Sehnen, wobey die Windungen der Spirale in verschiedener Zahl und symmetrisch

---

der Nordpol, längs der andern der Südpol, und das Rechts und Links wird durch die Richtung des elektrischen Stromes bestimmt (Abhandl. der Berl. Acad. für 1821. S. 338).

*) S. 25 und S. 29.

**) Ich bemerke, daß Ampère ähnliche Versuche zur Erläuterung seiner Theorie, der Magnetisirung von Stahlstäben durch das Bestreichen mit Magneten, mit gleichem Erfolge angestellt hat (s. unten dessen Theorie).

oder nicht symmetrisch die Nadeln durchschneiden, eine eben so große Mannichfaltigkeit in der Zahl und Vertheilung der magnetischen Pole an den Nadeln veranlassen. Auch gewähren diese Spiralen, da man sie sehr eng aufwinden kann, gleich dem Multiplicator, ein Mittel, die Wirkung des elektrischen Funkens auf die Nadeln sehr zu verstärken. Eine Nadel von 1½ Zoll Länge, die in's Centrum der Spirale gelegt wurde, sie als Radius von etwa 20 Bögen der Spirallinie durchschnitten, wurde durch einen einzigen schwachen Funken magnetisch. Eine symmetrisch gegen die Windungen des Spiraldrathes liegende Nadel, wird, wenn der positive elektrische Strom von dem Mittelpuncte aus fließt, und die Spirale eine rechts gewundene ist (d. h. die Windungen in der nach dem Beschreiber der Spirale zu liegenden Hälfte von der Linken zur Rechten gehen), an ihren beyden Enden in magnetischen Nordzustand versetzt, wenn sie oberhalb des Gewindes liegt. Von den beyden Nordpolen hereinwärts findet sich ein Südpol, und im Centro der Nadel Null. Von den größten, durchs Centrum als Durchmesser gelegten Nadeln, bis zu den kleinsten, gegen außen gelegenen, so daß kaum noch zwey Bögen der Spirale auf sie wirken können, bestätigte sich dieses Gesetz. Eine gegen das Centrum des Spiraldraths gekehrte, also von den Bögen beynahe rechtwinklich durchschnittene Nadel wird, unter denselben Umständen, an dem Ende im Centrum den Südpol, an dem nach außen gerichteten Ende den Nordpol erhalten. Eine Nadel werde von den Bögen der Spirallinie unter schiefen Winkeln durchschniten, sey also mit keinem Radius parallel. Ohngeachtet der verschiedenen Fälle, die hier Statt finden können, glaubt W. Pfaff aus seinen Versuchen das allgemeine Gesetz ableiten zu können, daß das Ende der Nadel, das dem Centro am nächsten liegt, immer (unter den vorigen Bedingungen eines vom Mittelpuncte der rechtsgewundenen Spirale aus

fließenden positiven elektrischen Stroms) Südpol bekomme, die Bögen mögen sich also hier unter spitzigen oder stumpfen Winkeln schneiden. Doch versteht es sich, daß die Wirkung um so schwächer seyn wird, je mehr die Richtung der Nadel von der eines Radius abweicht. Uebrigens finden alle diese Erscheinungen in der Ampèreschen Theorie der Erregung des Magnetismus durch elektrische Ströme ihre leichte Erklärung (s. u.).

84. Seebeck*) bestätigte gleichfalls durch seine Versuche, daß der bloße elektrische Strom, wie er durch Elektrisirmaschinen erzeugt werden kann, nicht im Stande ist, den Magnetismus in Stahlnadeln zu erregen, während auch sehr schwache Funken aus dem Leiter der Maschine diese Wirksamkeit besitzen; durch Entladung von Leidner Flaschen wurden die Nadeln nur dann magnetisch, wenn diese mit Explosion erfolgte. Geschah die Entladung auch selbst von Batterien durch Knochen oder Elfenbein (Halbleiter), welche am Ende des Metalldraths befestigt waren, so wurden die Nadeln nicht magnetisch, ohngeachtet die Entladung mit diesen Halbleitern sehr schnell und nicht minder vollkommen, als mit Metallen, geschah. Eine Explosion findet hierbey nicht Statt, auch erhält man keine Erschütterung bey dieser Art von Entladung. Auch die allmählige Entladung

*) Ueber den Magnetismus der Galvanischen Ketten, S. 333 in den Abhandl. der Berl. Acad. v. 1821 — 22. Berlin 1822. Ich habe diese Abhandlung erst zur Ansicht erhalten, nachdem das Bisherige schon abgedruckt war. Mehreres aus derselben findet sich im Auszuge in Schweiggers Journale, doch ist daselbst Nichts von den vielen Versuchen des Herrn S. mit dem Multiplicator mitgetheilt. Ich habe daher auch oben (VIII. 46—48) nicht darauf Rücksicht nehmen können. Indeß finde ich, daß diese Versuche mit den meinigen im Wesentlichen übereinstimmen.

durch einen in eine Spitze ausgehenden Metalldrath, wobey gleichfalls keine Explosion erfolgte, war ohne Wirkung auf Erregung von Magnetismus.

85. Noch gehört hierher der Versuch des Herrn Professor Schmidt in Gießen, durch welchen er die von Ampère aufgefundenen Anziehungen und Abstoßungen Galvanisch-elektrischer Ströme mittelst gewöhnlicher Electricität darstellte*). Er bediente sich hierzu zweyer Kleistischer Platten A B von gleicher Größe (½ Quadr. Fuß Belegung), welche auf Glassäulen ruhten; ihre beyden inneren, einander zugewendeten Belege werden durch einen fest stehenden isolirten Leiter C mit einander in Verbindung gesetzt, ein Messingdrath ist an zwey Seidenfäden so aufgehängt, daß er sich parallel gegen den Leiter C bewegen kann. Er ist etwa eine Linie dick und etwas kürzer, als der Leiter C, damit er das innere Beleg der beyden Platten nicht berühre, aber an beyden Enden zugespitzt; das zu starke Ein- und Ausströmen der Elektricität durch die Spitzen läßt sich nöthigen Falls durch vorgesteckte Wachskugeln mäßigen. E ist eine einen bis zwey Zoll von der hintern (äußern) Belegung der einen Platte B entfernte Spitze, welche mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht, und F ist der erste Leiter einer kleinen Elektrisirmaschine, welche an das äußere Beleg der andern Platte anstößt. Dreht man diese Elektrisirmaschine langsam um, so daß die beyden Platten sich allmählig laden, wobey nach bekannten Gesetzen ein positiv elektrischer Strom von der hintern (äußern) Belegung der Platte A zur vordern (innern) Belegung der Platte B durch die beyden Leiter, den festen und beweglichen, fließt, wie auch zwey Strohhalm-Elektrometer beweisen (deren eines an jedem hängt): so nähert sich der bewegliche Leiter

---

*) Gilb. Annalen 1821. II. 28.

dem festen C und bleibt an ihm haften. Eben dasselbe erfolgt, wenn man nach vollendeter Ladung die äußere Belegung der Platte A mit dem Finger berührt, wodurch eine langsame Entladung beyder Platten erfolgt, und der elektrische Strom von B nach A (soferne hier nur auf den positiven Rücksicht genommen wird) durch beyde Leiter fließt. Dreht man die Maschine schnell um, oder wirkt sie sehr kräftig, so erfolgt gewöhnlich ein unregelmäßiges Anziehen und Abstoßen zwischen beyden Leitern. Diesen Versuch hat Hr. Schmidt nun auch auf eine einfache Art so abgeändert, daß der positive elektrische Strom bey der allmähligen Entladung der innern Seiten der beyden Platten in dem beweglichen und unbeweglichen Leiter in entgegengesetzter Richtung floß, wo dann der bewegliche, jedoch nicht in paralleller Richtung, sondern unter einem Winkel von dem festen Leiter zurückgestoßen wurde, welches er aus der Anziehung des einen Endes des Leiters durch die positive Elektricität des innern Belegs der Platte erklärt. Eine so auffallende anziehende Wirkung solcher in gleicher Richtung elektrisch durchströmten Leiter scheint nicht in Uebereinstimmung mit der so schwachen Wirkung der durch die gewöhnliche Elektricität durchströmten Leiter auf die Magnetnadel, den obigen Versuchen zufolge (XIII. 80), zu seyn, da nehmlich Galvanisch durchströmte Leiter nur sehr schwache anziehende oder abstoßende Wirkung auf einander äußern, und doch die Magnetnadel so stark afficiren. Es bleibt daher immer noch der Zweifel zurück, ob die von Herrn Schmidt beobachteten Erscheinungen nicht vielmehr in die Kategorie der durch Atmosphärenwirkung in Spannung befindlichen Elektricitäten gehören, um so mehr, da er selbst anführt, daß die beyden Leiter auf das Elektrometer gewirkt haben, wo freylich die Schwierigkeit der Erklärung eintritt, wie der eine Leiter im elektrischen Gegensatze gegen den andern sich befinden konnte.

Theorieen des Elektro=Magnetismus.

XIV.

Allgemeine Betrachtungen über Theorieen. Physisches Princip. Mathematisches Princip. Mögliche Erklärungsprincipien für den Elektro=Magnetismus.

---

86. Eine Theorie von mannichfaltigen, zu einer Classe gehörigen Erscheinungen soll ein Princip der Einheit für dieselben aufstellen, aus welchem sie alle als unmittelbare Folgerungen abgeleitet werden können. Dieses Princip muß mit den allgemein anerkannten Principien der Naturwissenschaft in Uebereinstimmung seyn. Wenn mannichfaltige Bewegungs=Erscheinungen auf ein einfaches Princip, auf ein Alles unter sich begreifendes höchstes Wirkungsgesetz einer bewegenden Kraft zurückgeführt werden sollen: so dürfen die allgemeinen Gesetze der bewegenden Kräfte, wie sie in der Mechanik aufgestellt werden, keiner Bestimmung eines solchen Gesetzes widersprechen. Neue Verhältnisse, welche uns in der Erforschung der Natur aufstoßen, können wir uns nur klar machen, indem wir sie mit bereits bekannten, denen sie am ähnlichsten sind, vergleichen. Solche Gleichnisse sind alle unsere Erklärungen von Erscheinungen, die sich gleichsam nur in ihren entferntern Wirkungen uns offenbaren, sich selbst in ihrer Unmittelbarkeit aber unserer Beobachtung entziehen. Wenn wir uns die Wirkungen der sogenannten unwägbaren Stoffe oder der ätherischen Flüssigkeiten begreiflich machen wollen, so müssen wir sie mit denjenigen Materien vergleichen, die ihnen in der Abstufung am nächsten stehen, die

aber selbst noch unmittelbar, und nicht bloß durch ihre entfernten Wirkungen in unsere Sinne fallen. Wir tragen dann alle unmittelbar sinnlich wahrnehmbaren Bestimmungen solcher am nächsten verwandten Materien, ihrer Bewegungen u. s. w. auf jene verborgenern Substanzen über, wenn wir die entfernteren Wirkungen der Thätigkeit dieser letztern übereinstimmend finden mit den entfernten Wirkungen der erstern.

Eine mathematische Erklärung oder Construction der Erscheinungen ist in gewisser Hinsicht von einer physikalischen noch zu unterscheiden, und erstere kann bey allem innern Zusammenhange und der Folgerichtigkeit ihrer Sätze doch das eigentliche Wesen der Erscheinungen unberücksichtigt lassen, welches die physikalische zu ihrem Gegenstande hat. Der Mathematiker faßt die Erscheinungen des Elektro-Magnetismus zunächst nur als mannichfaltige Modificationen von Bewegungen auf; gelingt es ihm, eine Fundamentalgleichung aufzustellen, in welcher alle Umstände, welche auf die Bewegung, ihre Art und Größe Einfluß haben, als Elemente eingehen, deren jedesmaliger Werth, nach der Formel selbst genau bestimmbar, die Bewegung selbst genau angibt, so hat er unstreitig den Ansprüchen Genüge geleistet, welche man an die sogenannte mathematische Physik macht. Eine solche Fundamentalgleichung kann bey so verwickelten Erscheinungen, wie die des Elektromagnetismus sind, nur durch einen tief forschenden und in Berechnungen geübten Mathematiker gefunden werden. Eine solche Entdeckung des mathematischen Gesetzes des Elektromagnetismus soll man nach Gilb. Annalen 1823. I. 59. Herrn Barlow, der auch die Lehre vom Magnetismus sonst bereichert hat, zu verdanken haben. Durch ein solches mathematisches Gesetz werden gleichsam alle Erscheinungen in reine Anschauungen aufgelöst, von allem eigentlich Qualitativen entkleidet, und selbst die Gegensätze in den Bewegun-

gen, die Anziehungen und Abstoßungen erscheinen im Verhältnisse gegen einander bloß als positive und negative Größen. Um den geheimen Quell, aus welchem die Wirkungen hervorgehen, hat sich ein solches mathematisches Gesetz nicht weiter zu bekümmern. Weiter als eine, um mich so auszudrücken, mathematische Erklärung, die nur eine Formel für die Größenbestimmung der Erscheinungen aufstellt, dringt die physikalische. Sie sucht die Erscheinungen in ihrem großen, allgemeinen Zusammenhange mit dem ganzen Naturleben darzustellen, und das Datum, von welchem die mathematische Construction ausgeht, selbst noch höher an dieß Wesen der Naturkräfte selbst anzuknüpfen, und so über das Qualitative in den Erscheinungen Rechenschaft zu geben. Indessen muß jede ächte physikalische Erklärung zugleich eine mathematische seyn, d. h. sie darf sich nicht begnügen, bloß im Allgemeinen das innere Wesen der Erscheinungen und ihre wechselseitige Abhängigkeit von einander und Bestimmung durch einander darzustellen, sondern sie muß den Einfluß aller Umstände und ihrer Abänderungen auf das Quantitative der Erscheinungen aus dem Wesen der Kräfte selbst ableiten. Ja für einen gewissen Standpunct der Physik vereinfacht sich die ganze Natur zur Form und Bewegung und auf diesem wird nothwendig jede physikalische Erklärung, je mehr sie vorschreitet, eine immer mehr rein mathematische, welche die formas rerum nach dem schon von Baco gemachten Unterschiede zwischen der Auffassung der Dinge in ihrer Relation gegen den Sinn und in ihrer wahren Ordnung quoad universum, in reinen Anschauungen darstellt.

87. Der Elektromagnetismus ist, wie auch schon der Name besagt, und wie aus der bisherigen Darstellung der Thatsachen sich ohne weitere Auseinandersetzung von selbst ergibt, Magnetismus durch Elektricität, und zwar insbesondere durch Galvanische Elektricität erregt. Er ist aber

nicht bloß durch die Art seiner Erregung, sondern auch durch seine Vertheilung an den Körpern, an welchen er auftritt, durch die Beziehung dieser Vertheilung auf die Art seiner Erregung, und durch die Körper, die ihn äußern, von dem gewöhnlichen, früher schon bekannt gewesenen Magnetismus abweichend. Jede Theorie des Elektromagnetismus muß also ihren Ausgangspunct von dem gewöhnlichen Magnetismus, als dem früher bekannten, nehmen. Wir müssen zuerst versuchen, ob wir die elektromagnetischen Erscheinungen auf die bereits bekannten Gesetze des gewöhnlichen Magnetismus zurückführen können. Hier kann sich nun entweder vollständige Identität zeigen, oder bey aller Aehnlichkeit doch noch Verschiedenheit existiren. Jede Theorie muß nach der höchsten Einheit der Principien streben. Wir müssen uns also bemühen, die Verschiedenheit der Gesetze nur als eine außerwesentliche darzustellen. Dieß ist nur dadurch erreichbar, daß wir nachweisen, es seyen dieselben Kräfte nach denselben Gesetzen wirkend, nur modificirt durch die besondern Umstände, welche die gewöhnlichen magnetischen und die elektromagnetischen Erscheinungen hervorbringen. Diese Modificationen müssen sich nun als mit dem Grundwesen der magnetischen Kräfte vollkommen vereinbar und aus den Bedingungen und Umständen, unter welchen sie eintreten, begreiflich darstellen lassen. Aus diesem Gesichtspuncte betrachtet, ist die Theorie des Elektromagnetismus zugleich die Theorie des gewöhnlichen Magnetismus, nur daß letztere selbst dadurch in ein helleres Licht gesetzt wird, sofern wir an dem Elektromagnetismus eine neue Seite, neue Verhältnisse der magnetischen Kräfte erkannt haben, und das Wesen der Kräfte uns um so deutlicher wird, von je mehreren Seiten wir dieselben kennen lernen.

Nicht bloß einzelne auffallende Modificationen in der Richtung der Thätigkeit, sondern noch mehr die Art der Erregung, die gesetzmäßige Abhängigkeit der Richtung der

magnetischen Thätigkeit von der elektrischen Thätigkeitsrichtung und die Allgemeinheit des Vorkommens des Elektromagnetismus an allen Leitern der Elektricität charakterisiren den Elektromagnetismus, und unterscheiden ihn vom gewöhnlichen Magnetismus. Damit ergibt sich die zweyte, nicht weniger wichtige Aufgabe für die Theorie des Elektromagnetismus, deren gehörige Lösung uns noch tiefer, als die der ersten, in das Innerste der Natur einführen muß. Hierbey kömmt es auf eine nähere Entwicklung des Wesens der Elektricität selbst an, und wenn die Theorie zu dem interessanten Resultate gelangen sollte, daß beyde Kräfte ihrem Wesen nach identisch und nur verschiedene Modificationen einer und derselben Grundkraft seyen: so wird sie vorzüglich nachzuweisen haben, worin denn diese Verschiedenheit der Wirkungsform liege, wornach die Elektricität in einer großen Classe von Erscheinungen als Elektrität im engern Sinne, und in einer andern als Magnetismus auftritt, ferner, wie die besondern Bedingungen, unter welchen hier die Electricität auftritt, diese merkwürdige Umwandlung veranlassen. Hier muß dann die besondere Beziehung des Galvanischen Processes auf diese Umwandlung berücksichtigt werden, wiefern nehmlich die Elektricität als sogenannte Galvanische etwa eine eigenthümliche Disposition zu dieser Umwandlung habe, und wiefern die besondern Umstände, unter welchen die Galvanische Elektricität, als sogenannte chemische, erzeugt wird, hierbey die bestimmenden Momente wären.

Würde dagegen die Theorie vielmehr auf das Resultat geleitet werden, daß Elektricität und Magnetismus wesentlich verschiedene Kräfte seyen, und erstere nur als Erregungsmittel des Magnetismus diene: so müßte diese neue Erregungsart des Magnetismus durch Elektricität mit den Erregungsarten derselben durch andere Kräfte, wie durch Erschütterung, Wärme u. s. w. verglichen, und aus dieser

Vergleichung das Gemeinschaftliche in der Wirkung dieser Agentien abgeleitet, zugleich aber auch aus dem besondern Wesen des Magnetismus die besondere Beziehung der Richtung des elektrischen Stromes auf die Lage der magnetischen Pole u. s. w. verdeutlicht werden.

88. Aus dem vorigen Paragraphe, verglichen mit den Erscheinungen selbst, wie sie von IV. 16. bis XIII. 84. dargestellt sind, ergeben sich folgende mögliche Erklärungsarten als Theorieen des Elektromagnetismus, die auch wirklich einzeln ihre Repräsentanten unter den Naturforschern gehabt haben:

I. Elektricität und Magnetismus sind ihrem Wesen nach identische Kräfte oder identische Thätigkeiten, und sofern man besondere materielle Substrate dieser Thätigkeiten voraussetzt, elektrisches und magnetisches Fluidum sind einerley. Der Elektromagnetismus ist eine besondere Wirkungsform des elektrischen Fluidums, und zwar ist die magnetische Thätigkeit bedingt durch den Vorgang der fortwährenden Ausgleichung der beyden sogenannten entgegengesetzten Elektricitäten, oder wie man auch diesen Vorgang nennen kann, bedingt durch das freye Strömen der Elektricität. Diese Ansicht erlaubt nähere Modificationen.

a) Der gewöhnliche Magnetismus und der Elektro-Magnetismus sind nicht bloß dem Wesen nach, sondern auch ihrer Form nach, ganz übereinstimmend, oder die Form der Thätigkeit der Elektricität in dem Schließungsdrathe Galvanischer Apparate und in den gewöhnlichen Magneten ist dieselbe, alle magnetische Thätigkeit, sowohl der Schließungsdräthe und der Magnete unter sich selbst, als wechselseitig gegen einander, beruht auf der Wechselwirkung elektrischer Ströme, und alle Wirkung

elektrischer Ströme auf einander ist wesentlich magnetisch. Ampères Theorie.

b) Die Elektricität hat eine eigenthümliche Art (Form) der Bewegung in den Schließungsdräthen, verschieden von derjenigen in den gewöhnlichen Magneten, in beyden sind aber alle Wirkungen durch die gleichartigen anziehenden und abstoßenden Kräfte der entgegengesetzten Elektricitäten bedingt. Oersteds Theorie.

c) Die Elektricität nimmt in dem Schließungsdrathe die magnetische Wirkungsform an, diese tritt in demselben als Transversal-Magnetismus, und unterscheidet sich dadurch von dem gewöhnlichen Magnetismus der Magnetstäbe und Magnetnadeln, welche Längenmagnete sind. Prechtls Theorie und Ermanns etwas modificirte Theorie eines diagonaloiden Magnetismus des Schließungsdrathes.

II. Elektricität und Magnetismus sind nicht identische Kräfte, sondern die Ausgleichung der entgegengesetzten elektrischen Kräfte im Schließungsdrathe erregt bloß den Magnetismus und entbindet ihn gleichsam in Folge einer Veränderung des innern Zustandes der Körper. In Ansehung der näheren Bestimmung der Form, unter welcher der so entbundene Magnetismus im Leitungsdrathe auftritt, können dann wieder abweichende Ansichten Statt finden:

a) In jedem Puncte des Umkreises des Leitungsdrathes sind beyde Magnetismen zugleich wirksam, aber nach entgegengesetzten Seiten, oder der Schließungsdrath ist von einer magnetischen Atmosphäre in zwey entgegengesetzten Richtungen umflossen, und hat keine getrennten magnetischen Axen. Seebecks, Raschigs, Pohls Theorie.

b) Der Schließungsdrath hat vier feste magnetische Axen, welche unter bestimmten Winkeln von einander abstehen, und deren Lage durch die Richtung des elektrischen Stromes gesetzmäßig bestimmt ist, und alle Wirkungen des Leitungsdrathes lassen sich unter das Gesetz eines quadripolaren Transversal-Magnetismus bringen. Berzelius's, von Althauß's und Munckes Theorie.

c) Der Schließungsdrath ist in seiner ganzen einen Hälfte nord-, in seiner ganzen andern Hälfte südpolarisch, und die polarischen Hälften sind durch zwey Indifferenzlinien von einander getrennt. Das Gesetz seiner Wirksamkeit ist das des bipolaren Transversal-Magnetismus. Schmidts in Giessen Theorie.

XV.

Theorieen, welche die Indentität der Elektricität und des Magnetismus annehmen, und beyde Arten von Thätigkeit aus derselben Grundkraft ableiten. Oersteds, Ampères und Prechtls Theorieen. Gesetze des Transversal-Magnetismus.

A. Oersteds Theorie.

89. Oersted gab in seiner oft angeführten ersten Ankündigung seiner Entdeckung nur die ersten Andeutungen zu einer Theorie dieser Erscheinungen. Der Conflictus electricus (der Wechselkampf der elektrischen Kräfte) war es selbst, von welchem alle Thätigkeit ausging. Dieser sollte

nur auf die magnetischen Theilchen der Materie wirken. Alle nicht magnetischen Körper schienen durchdringlich für diesen elektrischen Conflict; die magnetischen Körper, oder vielmehr die magnetischen Theilchen derselben, sollten dem Durchgange des elektrischen Conflicts widerstehen, durch welchen Widerstand aber die Bewegung derselben bewirkt werde. Hier war also Alles noch auf Wirkung bloß zurückstoßender Kräfte zurückgeführt. Dieser Conflict müsse eine kreisende Bewegung um den Schließungsdrath haben, denn nur unter dieser Bedingung begreife man, daß derselbe Theil des Schließungsdrathes, der den unterhalb ihm befindlichen Pol einer Magnetnadel nach Osten ablenkt, in der Magnetnadel oberhalb eine entgegengesetzte Bewegung bewirke, denn das sey die Natur eines solchen Umkreises, daß die Bewegung an entgegengesetzten Puncten eine entgegengesetzte Richtung habe. Da nun der elektrische Conflict zugleich eine fortschreitende Bewegung längs dem Leitungsdrathe habe, so folge aus der Vereinigung dieser beyden Bewegungen eine schrauben- oder spiralförmige Bewegung, welche aber als solche keine eigentliche Beziehung auf die Erscheinungen selbst habe. Alle von Herrn Oersted damals bekannt gemachten Bewegungen des Nordpols seyen so leicht zu begreifen, wenn man der negativ-elektrischen Materie eine Bewegung in einer links gewundenen Spirale und eine zurückstoßende Kraft auf den Nordpol zuschreibe, ohne daß sie auf den Südpol irgend eine Wirkung ausübe, und eine gleiche Bewegung auch der positiv-elektrischen Materie und eine ähnliche zurückstoßende Einwirkung auf den Südpol beymesse.

Man sieht, daß das Mechanische in dieser Erklärung und die leichte Ableitung der Fundamental-Erscheinungen, der Ablenkungen und Inclinations-Veränderungen der Magnetnadel etwas Ansprechendes sind. Dieses Vorsichhertreiben (propellere) des Nordpols stellt diesen gleichsam

bloß passiv dar, und in dieser ersten Darlegung lag also noch keine eigentliche Zurückführung der Wirkungen auf die Gesetze magnetischer Anziehungen und Abstoßungen. In einem spätern Aufsatze*) hat Herr Oersted seine Ideen mehr entwickelt und genauer bestimmt. In diesem stellte er an die Spitze seiner Erklärung folgendes Grundgesetz: „In dem mit Widerstand verknüpften Zusammentreffen der entgegengesetzten elektrischen Kräfte nehmen diese eine andere Wirkungsform an, der zufolge die positive elektrische Kraft das Südende der Magnetnadel abstößt, das Nordende anzieht, die negative Kraft hingegen das Nordende der Nadel abstößt, das Südende anzieht; aber die Bahn der Kräfte in diesem (dem Zusammentreffen?) ist nicht die gerade Linie, sondern eine links gewundene Spirale oder Schraubenlinie.

Zur Erläuterung dieses Gesetzes und seiner Uebereinstimmung mit den Resultaten der Hauptversuche verzeichnet O. auf einem Papierstreifen wie Fig 31 der Länge nach eine Linie AB, und darauf kleine gleichschenkliche Dreyecke, so daß die Spitzen und die Mitten der Basen von der Linie durchschnitten werden. Man setzt nun an das Ende, wohin die Spitzen kehren, das Zeichen +, und an dasjenige, wohin die Basen gerichtet sind, das Zeichen —. Diesen Streifen wickelt man um einen Glascylinder oder beliebigen cylindrischen Körper, so daß die Bewicklung von oben an gerechnet und in Beziehung auf den Betrachter von der Linken zur Rechten geht. Mit diesem so bewickelten Cylinder, den man den elektrischen Anzeiger nennen kann, vergleiche man nun den Theil des Leitungsdrathes, dessen Wirkung man beurtheilen will, und denke sich ihn an der Stelle desselben, so daß das mit + bezeichnete Ende den Zustrom des +E,

*) Schw. N. J. II. Betrachtungen über den Elektromagnetismus von H. C. Oersted. S. 199.

das mit — bezeichnete Ende den des — E erhält. Man werde dann immer finden, daß in der Richtung des + E eine Abstoßung auf das Südende der Nadel, und in der des — E eine Abstoßung auf das Nordende der Nadel Statt haben werde. In der Erläuterung der einzelnen Fälle selbst betrachtet nun Hr. Oersted jedes Mal einzelne Durchschnitte des horizontalen oder lothrechten Leitungsdrathes, und in diesen Durchschnitten erscheint die Bewegung als eine bloß kreisende, und es wird zunächst nur die Wirkung dieser in entgegengesetzter Richtung circulirenden Elektricitäten, welche Herr Oersted wegen der besondern Wirkungsform, die sie nun als Elektromagnetismus angenommen, zum Unterschiede von + E und — E mit + E und — E bezeichnet, in Betracht gezogen, und die Spirale selbst nicht weiter berücksichtigt. Diese Kreisbewegung allein hält er auch, wie er sich in einem spätern Aufsatze*) darüber äußert, vornehmlich nach den entscheidenden Versuchen Seebecks (besonders IX. 56) für ausgemacht. Ob nun diese Kreisbewegung in eine spirale übergehen solle, sey eine Frage, deren Entscheidung die Beantwortung einer andern fordere. Man könne nehmlich die Verbreitung der Elektricität, wie bisher, als eine fortschreitende, oder man könne sie, gegen unsere bisherige Vorstellung von der Sache, als eine Pulsation betrachten, so wie diese in der Schallbewegung Statt finde. Lege man die erstere Vorstellungsart zum Grunde, so könne man die Kreisbewegnng nicht als durch die Thatsache erwiesen ansehen, ohne sie in eine Spiralbewegung übergehen zu lassen, wie sich von selbst aus der Combination dieser beyden Bewegungen zur diagonalen ergebe. Auf das Verhältniß der Schnelligkeit dieser transversalen Bewegung gegen die des Fortschreitens werde es nun ankommen, ob die Spi-

---

*) Schw. III. S. 123 fg. und zwar S. 126.

ralen oder Schraubengänge eng oder weit seyen. Sey die Schnelligkeit dieser transversalen Wirkung vielleicht Millionen Mal größer, als die des Fortschreitens (und eine außerordentliche Schnelligkeit anzunehmen, sey man berechtigt, weil die elektromagnetische Wirkung nur unter Umständen Statt finde, wo eine gewaltige Anhäufung der Elektricität vorgeht; sie könne unter diesen Umständen nicht schnell genug vorwärts kommen; ein Theil der Elektricität werde also seitwärts einen Ausweg suchen; daß dieses mit einer Schnelligkeit geschehen müsse, welche die der Fortpflanzung, worin die angehäufte Elektricität immer der folgenden Widerstand macht, weit übertreffe, sey offenbar, weil diese transversale Bewegung nur Folge eines sehr erhöhten Impulses sey, die Wirkung auch nicht ohne eine ganz außerordentliche Schnelligkeit alle Isolatoren, — die nehmlich, zwischen die Magnetnadel und den Leitungsdrath gebracht, die Wirkung auf erstere nicht im geringsten schwächen, — durchdringen würde): so werden auch die Spiralen sich sehr einer Reihe von Kreisen, um die Axe des Schließungsdrathes gelegt, nähern. Bey der zweyten Vorstellungsart entgehe man zwar den verhaßten Spiralen, aber das Wundersamste und Unerklärbarste, die bestimmten Richtungen rechts und links, blieben immer stehen, was gerade mit den jetzt bekannten Naturgesetzen so wenig übereinstimme.

90. Zur weitern Erläuterung dieser Theorie wollen wir noch einige besondere Fälle auswählen, welche Hr. Oersted selbst näher betrachtet hat. Ein solcher ist die Wirkung eines lothrechten Leitungsdrathes auf die Magnetnadel, wie sie VI. 28 dargelegt ist. Ist z. B. der obere Theil des Leiters der, welcher die Elektricität zunächst aus dem negativen Gliede des Galvanischen Apparats erhält (geht also der elektrische Strom von unten nach oben), so wird die Spitze der Nadel, worauf die Wirkung geht, welche nehmlich dem

Leiter gegenüber steht, sich ostwärts kehren. In Fig. 32 stelle A den horizontalen Durchschnitt des lothrechten Leiters vor mit dem oben angenommenen Zeichen der Richtung der elektrischen Kreisströme, B stelle eine Magnetnadel vor, welche das Nordende diesem Leitungsdrathe zukehrt, C eine andere, welche demselben das Südende entgegenstellt. Beyde werden ostwärts getrieben, das Nordende von dem —E, welches von Westen ankömmt, das Südende von dem +E, welches ihm gegenüber ebenfalls von Westen kommen muß. Man sehe leicht ein, daß die Anziehung, welche das +E auf die Südspitze der Nadel ausübt, nur die Bewegung gen Osten befördern könne. Bringe man nun den Leiter einem Puncte in der nördlichen Hälfte der Nadel gegenüber, wie in Fig. 33 in D (und zwar ist hier der Punct gemeint, den Hr. Oersted in seinem lat. Programme punctum inter polum et medium acus situm nannte): so werde nicht das gegen Osten gerichtete —E in a, sondern das gegen Westen gerichtete —E in c auf die Nordspitze der Nadel wirken. Zwar werde nun die Anziehung des +E in a die Nadel ostwärts ziehen, aber auf einen Punct von schwächerem Magnetismus (weil er nehmlich von der Spitze der Nadel schon entfernter ist), also mit geringerem Erfolg wirken, und folglich nach Westen gehen, wozu noch der Vortheil des längeren Hebelarms für —E in c kömmt. Stellt man den Leiter so, daß E den Durchschnitt desselben vorstellen kann, so wird das —E in c zwar auf dieses Südende der Nadel anziehend wirken, das +E in a aber noch mit mehr Kraft abstoßend, die Nadel geht also nach Westen. Leicht finde diese Erklärungsart ihre Anwendung, um die Bewegungen zu bestimmen, wenn der lothrechte Leiter auf der westlichen Seite der Nadel, wie in eben dieser Figur gegen die Nadel F, das eine Mal wie in D einem Puncte der Nordhälfte zwischen der Spitze und der Mitte, das andere Mal in E einem ähnlichen Puncte in der Südhälfte gegenüber

gestellt sey. Auch hier werde eine Bewegung nach Westen Statt finden. Herr Oersted versucht es auch, das Fundamentalgesetz, aus welchem Ampère seine Theorie entwickelt hat (s. u.), als ein gleichsam untergeordnetes, aus seinem oben aufgestellten Gesetze als ein bloßes Corollar abzuleiten. Wenn man den elektrischen Kräften selbst die anziehenden und abstoßenden Wirkungen, welche die elektrisch durchströmten Leiter auf einander ausüben, zuschreibt (also die Elektricitäten nicht als bloße entfernte Ursachen dieser Wirkungen, als bloße Erreger des Magnetismus betrachtet), so müssen diese eine solche Richtung haben, daß sie die entdeckten Wirkungen hervorbringen können. Um bey dieser Voraussetzung den durch die Erfahrung gegebenen Bedingungen am besten zu entsprechen, bleibe nichts Anderes übrig, als anzunehmen, daß die Kräfte von jedem Puncte aus in entgegengesetzten Richtungen ausströmen, ihr Weg könne solchergestalt nicht in den verlängerten Radius fallen, sondern jede der Kräfte müsse in die Richtung einer der entgegengesetzten Tangenten des Punctes gehen; denn wenn man, was sehr unwahrscheinlich wäre, auch annehmen wollte, daß die Kräfte von jedem Puncte aus in zwey Richtungen ausgingen, welche zu entgegengesetzten Seiten zwischen der Tangente und dem verlängerten Radius fallen: so würde nach der Zerlegung der Kräfte der allein wirksame Theil doch wieder der Richtung der Tangente folgen. Dagegen hält Herr Oersted es für wahrscheinlich, daß die Kräfte nicht bloß nach diesen Tangenten, sondern b ü s c h e l f ö r m i g nach entgegengesetzten Richtungen hinauswirken, doch nur so, daß das +E auf der einen, das —E auf der andern Seite des verlängerten Radius bleibe. Betrachte man nun die Wirkungen nach den tangentialen Richtungen (oder in jedem Puncte in solchen Richtungen, daß die entgegengesetzten Kräfte durch den verlängerten Radius getrennt werden) in Fig. 34, indem man hierbey nur einzelne Puncte in Be-

tracht zieht, wo die analogen Puncte in A, A', und A" mit gleichen Buchstaben bezeichnet sind: so sieht man bald, daß die Richtung des — (+) E von a aus mit der des + (—) E von a' aus zusammentrifft; auf ähnliche Weise begegnen sich das + (—) E von c mit der — (+) von c' aus. Dieses Zusammentreffen der entgegengesetzten Kräfte, welches eine Anziehung bewirken muß, findet auch in den meisten übrigen Puncten der beyden Umkreise Statt, z. B. e in Beziehung auf h', f' auf g. Zwar wirken e und g', f und h', wie auch die ihnen benachbarten Puncte, abstoßend auf einander, aber wegen der geringern Zahl der wirkenden Puncte und der schiefern Richtung muß diese Wirkung von der anziehenden bey weitem übertroffen werden. In Fig. 33 A" wird der Durchschnitt eines Leiters vorgestellt, worin die Richtung der elektrischen Wirkungen die umgekehrte von derjenigen in A und A' ist. Die Puncte d und d" stoßen sich hier vermöge ihres + (—) E, und b und b" vermöge ihres — (+) E ab, da diese in entgegengesetzten Richtungen auf einander wirken *). Außerdem wirkt hier eine gleiche Menge von Puncten abstoßend, wie in dem vorigen Falle anziehend, die anziehende Wirkung, welche g und c", f und h", wie auch die ihnen benachbarten Puncte hervorbringen, wird hier eben so von den abstoßenden Kräften überwunden, wie in dem vorigen Falle die abstoßenden von den anziehenden. Diese Schlüsse, die nur so ausgedrückt sind, als es nöthig ist, wenn es sich von cylindrischen Leitern handelt, lassen sich leicht auch auf Leiter von andern Formen anwenden. In den Magneten und Magnetnadeln nimmt Herr Oersted ein etwas verschiedenes Verhältniß der Kräfte, als im Leitungsdrathe an. Hier sollen sie nehmlich, wie in einem

---

*) Die eingeklammerten von mir hinzugefügten Zeichen scheinen mir allein mit Herrn Oersteds Figuren zusammen zu passen.

beynahe ruhenden Zustande sich befinden, und keinen geschlossenen Kreis bilden. In einem gewissen Sinne könne man sagen, der Magnet sey ein mit Elektricität geladener Körper. Oersted beschließt endlich seinen Aufsatz mit einigen Speculationen über den Erdmagnetismus, den er der Hauptsache nach als einen dem Erdkörper immanenten Magnetismus, und zwar nach dem Schema des gewöhnlichen Magnets darin sich verhaltend, betrachtet, doch so, daß elektrische Ströme, welche vorzüglich durch die Wirkung der Sonne auf die Erde veranlaßt werden, nach Art der gewöhnlichen Galvanischen Ströme unter der Wirkungsform des Elektromagnetismus auf die Totalwirkung der Erde in ihrer magnetischen Sphäre influiren, und namentlich die täglichen und durch die Perioden der Jahreszeiten veranlaßten Variationen der Magnetnadel veranlassen könnten.

91. 1) Es läßt sich gegen Herrn Oersteds Darstellung erinnern, daß in der Anwendung seines allgemeinen Gesetzes gleichsam nur auf einzelne Puncte Rücksicht genommen, nur die Wirkung einfacher Querschnitte in Betracht gezogen ist, da alle Erscheinungen, die hier erklärt werden sollen, zusammengesetzte oder Gesammtwirkungen aller Querschnitte sind, ein Umstand, auf welchen besonders Herr Ampère in der Anwendung seiner Theorie mehr Rücksicht genommen, und dadurch manche Schwierigkeiten glücklich gelöst hat.

2) Verstehe ich Herrn Oersted richtig, so schreibt er jedem Puncte des Umkreises eines cylindrischen Schließungsdrathes anziehende und abstoßende Wirkungen nur in der Richtung der Tangente zu, eben weil er die neue Wirkungsform wesentlich an die eine kreisende Bewegung knüpft, und, wie es scheint, in die Kategorie von Tangentialkräften bringt, die gleichsam nur durch die Bewegung, die die Theilchen durch den Schwung erlangt haben, wirken. Aber anzie-

hende und abstoßende Kräfte, wie wir doch der Elektricität in jeder ihrer Wirkungsformen zuschreiben müssen, wirken nach allen Seiten, und um jeden Punct müssen wir uns eine Wirkungssphäre vorstellen.

3) Streng genommen kann, nach Hrn. Oersteds Construction der Phänomene, eine Nadel, die mit dem Nordpole oder Südpole einem lothrechten Schließungsdrathe gerade gegenüber steht, so daß eine durch ihre Axe gelegte Ebene den Schließungsdrath in der Mitte durchschneidet, weder eine östliche, noch westliche Ablenkung erleiden, da in diesem Falle von beyden Seiten gleiche anziehende und abstoßende Kräfte wirken, die einander vollkommen das Gleichgewicht halten müssen.

4) Eine völlige Umkehrung der Magnetnadel, wenn der Leitungsdrath sie senkrecht in der Mitte durchschneidet, und der Strom unterhalb derselben von Westen nach Osten, oder oberhalb von Osten nach Westen fließt, ist eben so wenig zu begreifen, weil die nach der Tangente des Leitungsdrathes gerichteten Wirkungen dann parallel mit der Magnetnadel sind, und nicht auf sie wirken können.

5) Eine große Unvollkommenheit der Oerstedischen Theorie scheint mir aber besonders die Dunkelheit zu seyn, die sie in Ansehung der innern Constitution der gewöhnlichen Magnete und der Wirkungsform der Elektricität in denselben läßt, denn was darüber mit so wenigen Worten angedeutet ist, klärt in der That Nichts auf. In Hrn. Oersteds Theorie muß man den freywerdenden Theil der kreisenden Elektricität, das im Umkreisen seitwärts oder transversal nach der Tangente einen Ausgang Gewinnende das Elektromagnetische nennen, und ihm die magnetischen anziehenden und abstoßenden Wirkungen zuschreiben. Man könnte nun fragen, ob dieß etwa ein besonderer Theil der Elektricität sey, der magnetische Kräfte besitze, oder ob dieß Ueberwiegende einerley mit der übrigen Elektricität, und seine mag-

netische Kraft gleichsam nur das Resultat der außerordentlichen Geschwindigkeit der Umkreisung sey, und davon die neue Wirkungsform abhänge. In diesem Falle müßte wohl eine ähnliche schnelle Umkreisung der Elektricität in Magneten angenommen werden. Mit Recht würde dann die Frage entstehen, durch welche Kraft diese außerordentliche Geschwindigkeit hervorgebracht werde. Kaum läßt sich aber der Magnetismus, als eine zugleich anziehende und abstoßende Thätigkeit, auf eine solche mechanische Weise ableiten, da nur zurückstoßende Wirkungen auf diese Art begreiflich wären. Da Hr. Oersted von ruhendem Elektromagnetismus im Magnete spricht, so scheint er Etwas dergleichen auch nicht anzunehmen. Dann würde aber nur die erste Hypothese zureichen, da man sonst nicht begreifen könnte, warum nicht auch jede andere ruhende Elektricität, von welcher das abhängt, was man elektrische Spannung nennt, magnetische Wirkungen äußert. Eben damit würde aber auch der Magnetismus nicht mehr eine bloß veränderte Wirkungsform der Elektricität genannt werden können. Immer bleibt es ein Mangel der Theorie, und erlaubt auf keinen Fall eine gründliche mathematische Ausführung und eben damit auch keine strenge Prüfung derselben im Einzelnen, daß die besondere Wirkungsform der Kräfte in den Magneten selbst in keiner Construction dargestellt ist, in welcher Hinsicht die Ampèresche Theorie unstreitig den Vorzug hat.

6) Endlich können wir nicht umhin, die angenommene kreisende, und wegen des damit verbunden seyn sollenden Fortschreitens nothwendig spiral- oder schraubenförmige Bewegung der Elektricitäten für eine sehr gewagte Hypothese zu erklären, für welche durchaus nirgends eine entscheidende Analogie nachzuweisen ist. In allen sonst bekannten Wirkungen der Elektricität erkennen wir nur eine fortschreitende Bewegung, verbunden mit einer expansiven Thätigkeit nach

allen Seiten in der Richtung der Radien der Leiter, durch welche sie sich fortpflanzt; aber eine Bewegung im Kreise, ein Umherwirbeln, wodurch eine Tangentialkraft zu Stande käme, sehen wir nirgends. In der Wasserzersetzungsröhre, in welcher die Elektricität eben so, wie im festen Leiter, mit allen Eigenschaften des Elektromagnetismus auftritt, in den durch sie vermittelten chemischen Processen, und insbesondere in den damit verbundenen Wanderungen der Stoffe, zeigt sich nur die fortschreitende geradlinige, den kürzesten Weg nehmende Bewegung, in den krystallinischen Bildungen der Metallvegetationen nur die Wirkung nach der Längenaxe. Sollte man nicht erwarten dürfen, daß, wenn eine solche kreisende Bewegung der Elektricität Statt fände, die Spuren derselben sich in ringförmigen Zeichnungen in den Streifen von gefärbten Pflanzenpapieren darstellen würden. Ueberall sehen wir auch sonst die Elektricität in ihrer Bahn durch die Leiter den kürzesten Weg — also die gerade Linie — einschlagen. Das Kreisen beyder Elektricitäten nach der linken Seite erscheint auch ganz willkürlich, nur um den Erscheinungen Genüge zu leisten; sollte man, wenn wirklich zwey Elektricitäten angenommen werden sollen, nicht auch einen Gegensatz in der Richtung ihrer Bewegung voraussetzen?

7) Professor Schweigger findet noch eine besondere Schwierigkeit gegen Oersteds Wirbeltheorie in der Construction des Multiplicators. „Noch weniger könnte diese Wirbeltheorie auf Constructionen von Multiplicatoren durch dicht (in gleichem Sinne) über einander geschlungene Dräthe führen, weil die um solche Dräthe laufenden Wirbel sich nothwendig stören und hemmen müßten, nimmermehr aber könnte daraus eine Verstärkung der Kraft und eine größere Ausdehnung und Lebhaftigkeit der Wirbel naturgemäß abgeleitet werden."

B. Ampères Theorie.

92. Herr Ampère hat in einem gewissen Sinne die Oerstedische Hypothese von Wirbeln oder umkreisenden Bewegungen nur versetzt und auf die Magnete selbst übergetragen, wodurch aber Alles in einen viel schönern Zusammenhang gebracht worden ist, und aus einem einfachen Principe die mannichfaltigsten und verwickeltsten Erscheinungen sich als unmittelbare Folgerungen ergeben. Er geht von dem einfachen Erfahrungssatze aus, daß elektrische Ströme, die in gleicher Richtung fließen, sich anziehen, in entgegengesetzter Richtung sich bewegende sich abstoßen, und daß überhaupt elektrische Ströme so lange respective anziehend und abstoßend auf einander wirken und die Leiter, an welchen sie sich fortpflanzen, bewegen, bis sie einerley Richtung angenommen haben, und einander so nahe, als es die Umstände erlauben, gerückt sind. Dieser Satz ist durch die Versuche XI. 68. 69 hinlänglich bewiesen, wenn man überhaupt die Vorstellungsart von einem freyen, sich fortschreitend bewegenden Fluidum, als den elektrischen Erscheinungen zum Grunde liegend, zugibt.

Auf dieses Factum baut nun Ampère, als auf ein Grundgesetz, seine Erklärung nicht bloß aller im engeren Sinne sogenannter elektromagnetischer, sondern überhaupt aller magnetischer Erscheinungen. Er unterscheidet, wie Oersted, gleichfalls zweyerley Wirkungsformen der Elektricität, nehmlich 1) die der mit Spannung versehenen, gleichsam durch Druck wirkenden (todten Kraft), unter welcher sie die gewöhnlichen Erscheinungen der gewöhnlichen elektrischen Anziehung und Abstoßung und der elektrischen Vertheilung hervorbringt, und namentlich also auch auf das Elektrometer wirkt, und 2) die der in freyer Strömung begriffenen (lebendigen Kraft), unter welcher Form sie nicht mehr aufs Elektrometer wirkt, dagegen magnetische Erscheinungen und chemische Zersetzungen hervorbringt. Alle

magnetische Thätigkeit hängt dieser Ansicht zufolge von elektrischen Strömen ab, und die allgemeine Wirkungsweise derselben ist lediglich eine richtende (directrix) durch wechselseitige Anziehung, welche die einander gleichlaufenden, und die wechselseitige Abstoßung, welche die in entgegengesetzten Richtungen laufenden Ströme auf einander ausüben. Um nun alle Erscheinungen, welche an Magneten vorkommen können, insbesondere aber auch die elektromagnetischen Erscheinungen aus diesem Gesetze ableiten zu können, und demselben gemäß zu begreifen, nimmt Ampère an, daß die Magnete, Magnetnadeln (eigentlich die kleinsten Theilchen derselben s. u.) von elektrischen Strömen in Ebenen, senkrecht auf die Axen derselben, oder die die entgegengesetzten Pole dieser Magnete verbindende Linie, umkreist werden. Alle magnetischen Anziehungen und Abstoßungen beziehen sich nicht auf die sogenannten Pole, als eigenthümliche, specifisch verschiedene, und in dem bisher angenommenen Gegensatze stehende Thätigkeiten, sondern lediglich auf diese elektrischen Ströme. Um die Wirkung jedes Mal zu übersehen, muß man nun auf die an ein bestimmtes Gesetz gebundene Richtung dieser Ströme oder Umkreisungen achten, und nur in Beziehung auf diese Richtung bilden sich an den Magneten Pole, und nur durch diese Richtung wird die Lage der Pole an einem Magnetstabe selbst bestimmt. Denkt man sich einen gewöhnlichen Längenmagneten (einen Magnetstab, eine Magnetnadel) in seiner natürlichen Richtung nach Norden, also den sogenannten Nordpol dahin gerichtet, und seine Axe mit dem magnetischen Meridian zusammenfallend, so haben diese elektrischen Ströme eine solche Richtung, daß sie unterhalb, an der untern Seite der Nadel, von Osten nach Westen, oberhalb von Westen nach Osten, und folglich auf der Westseite aufwärts, auf der Ostseite abwärts, von oben nach unten, gehen. Fig. 35 stellt einen Magneten nach dieser Ampèreschen Hypothese der elektrischen Ströme um den-

selben dar, wo die Spitzen der Pfeile nach dem Orte hinweisen, wohin der Strom geht. Das mit N bezeichnete Ende ist der Nordpol. Nach der französischen Nomenclatur wird dieses Ende, in einer Hinsicht wenigstens unpassend, (s. o.), der Südpol genannt. In jedem Magnete liegt der Nordpol, wenn man sich in den Strom selbst, der jenen umkreist, hineindenkt, den Kopf dahin gekehrt, wohin der Strom fließt, und das Gesicht gegen die Axe gewendet, stets zur linken Hand, der Südpol zur rechten Hand. Daß nach den Enden der Magnete hin sich die sogenannten abstoßenden und anziehenden Wirkungen der Magnete mehr concentriren, und dadurch den Schein von Anhäufungen specifisch-verschiedener und gleichsam gegensätzlicher Kräfte hervorbringen, hängt lediglich von der Totalwirkung aller elektrischen Ströme, welche den Magnet umkreisen, ab. Die jedesmalige Wirkung der Schließungsdräthe hängt lediglich auch von der Richtung, Gestalt, Menge ihrer elektrischen Ströme ab, und zwar wird diese Gestalt des Leiters selbst bestimmt, die also durchaus den elektrischen Strom respräsentirt. Zur leichtern Anwendung der Theorie auf Bestimmung aller einzelnen Erfolge berücksichtigt Ampère stets nur einen elektrischen Strom, den sogenannten positiven, oder den in der einfachen Kette vom negativen zum positiven Metalle, in der Säule vom positiven zum negativen Pole fließenden Strom. Eine wichtige Rücksicht in der Erklärung der Erscheinungen dem obigen Gesetze gemäß ist noch, daß man die einfachen Wirkungen von Punct zu Punct von den zusammengesetzten, als welche alle magnetischen und elektromagnetischen in der Wirklichkeit stets auftreten, und welche auf der Zusammenwirkung vieler Puncte beruhen, wohl unterscheide, die Wirkung eines einfachen Kreisstromes im einfachen Durchschnitte von der Gesammtwirkung aller Ströme um den ganzen Körper, wodurch sich besonders, wenn man auf mehr oder

weniger gerade oder schiefe Richtung der Wirkung der Ströme und auf Entfernung Rücksicht nimmt, oft unerwartete Aufschlüsse über sonst räthselhafte Erscheinungen ergeben.

1) Man übersieht nach dieser Theorie sehr leicht den Einfluß, welchen die verschiedenen Stellungen der Magnetnadel gegen den sowohl horizontalen, als lothrechten, oder in irgend einer mittlern Lage zwischen beyden geführten Leitungsdrath, auf die jedesmalige Veränderung der Richtung der Nadel in der Declinations- und Inclinations-Ebene haben müssen; und alle Bewegungen derselben, sie seyen nun Declinations- und Inclinations-Verändernngen, soferne sie auf die natürliche Lage der Nadel bezogen werden, oder Anziehungen oder Abstoßungen, auf den Schließungsdrath bezogen, erscheinen als bloße Richtungen der um die Nadel kreisenden Ströme durch den elektrischen Strom des Schließungsdrathes, dem obigen allgemeinen Gesetze gemäß, daß die Ströme in gleiche Richtung mit einander sich zu stellen streben, im Conflict mit dem Erdmagnetismus, der in allen Versuchen mitwirkt, und den Erfolg mit bestimmt. Insbesondere leuchtet ohne Weiteres der Einfluß des Oben und Unten, des Rechts und Links, der Ost- und Westseite der Nadel, oder umgekehrt des Schließungsdrathes in Beziehung auf die unveränderte Stellung der Nadel ein; denn da die elektrischen Ströme, an der obern und untern, und eben so an der östlichen und westlichen Seite der Magnetnadel mit einander verglichen, die entgegengesetzte Richtung haben: so müssen, wenn derselbe in seiner Richtung unveränderte elektrische Strom des Schließungsdrathes durch die angezeigte veränderte Stellung der Nadel auf die in entgegengesetzter Richtung gehenden Ströme der Nadel wirkt, die Bewegungen selbst als Richtungen zu gleichem Gange beyderley Art von Strömen entgegengesetzt ausfallen. Man begreift den Zusammenhang der Bedingungen, unter

welchen die Bewegungen der Nadel bald in der Declinations=, bald in der Inclinations=Ebene geschehen, mit dem Erfolge. Elektrische Ströme, deren mittlere Bewegung in die horizontale oder Declinations=Ebene fällt, und die den Strömen an der obern oder untern Seite der Nadel zugekehrt sind, werden ihren Einfluß auf die Stellung der Nadel in der Declinations=Ebene ausüben, da sie selbst in dieser fließen, und sich also richten; elektrische Ströme, welche in der lothrechten Ebene fließen, oder auch horizontale, welche neben den Seiten der Nadeln zunächst stehen, werden in der Inclinations=Ebene ihre Wirkung ausüben. In den Fällen, wo beyderley Arten von elektrischen Strömen einerley Richtung haben, wird aber auch noch eine Veränderung in Ansehung der Inclination in dem ersten Falle Statt finden können, durch wechselseitige Anziehung zu größerer Annäherung, oder, wenn bey entgegengesetzter Richtung die Ablenkung in der horizontalen Ebene nach beyden Seiten gleich stark seyn wird, und sich also wechselseitig aufheben würde, durch wechselseitige Abstoßung, wie in V. 26. Man sieht insbesondere den physischen Grund des unter VIII. aufgestellten allgemeinen Schema's für die jedesmalige Bestimmung des Erfolgs ein, und zwar a) in Ansehung des horizontalen Schließungsdrathes, denn die Richtung nach Links auf die obige Weise bestimmt, ist weiter Nichts, als eine Hinweisung auf eine Stellung der Magnetnadel, in welcher ihre elektrischen Ströme, auf welche der Leiter zunächst wirkt, dieselbe Richtung mit denen der letztern haben, woraus sich dann auch für diese Stellung der Magnetnadel durch einen über oder unter, oder rechts oder links neben ihr in gerader Richtung gehenden parallelen Leitungsdrath die Nothwendigkeit begründet, daß die Wirkung stets dahin gehe, die Magnetnadel in eine senkrechte Richtung auf den Leitungsdrath, sey es nun in der horizontalen (Declinationsnadel) oder lothrechten Ebene (Inclinationsnadel) auf den Leitungs=

drath, zu stellen, weil nur unter dieser Bedingung die Ströme an der obern oder untern, an der westlichen Seite der Nadel in einerley Richtung mit denen des Leitungsdrathes gehen können, die sich in jeder andern Stellung durchkreuzen, ein Resultat, das durch die Versuche mit der astatischen Magnetnadel außer allem Zweifel gesetzt ist (IV. 20). b) In Ansehung des lothrechten Leitungsdrathes hat die Anwendung des Schema's ebenfalls keine Schwierigkeit, wenn man nur auf einen mittlern Strom Rücksicht nimmt, der gleichfalls die Tendenz hat, gleichsam den mittlern Strom auf der ihm zugekehrten Seite der Magnetnadel in dieselbe Ebene, welche durch die Axe des Leitungsdrathes gelegt gedacht wird, zu stellen, in welcher er fließt.

2) Eben so ungezwungen scheinen sich daraus alle Verhältnisse der Elektricität, sowohl der Galvanischen, als der gewöhnlichen Maschinen-Elektricität, in Erregung des Magnetismus in Stahlnadeln und Stäben, und insbesondere die Abhängigkeit der Stärke des erregten Magnetismus und der Lage der Pole von den besondern Umständen, namentlich der Einfluß der schraubenförmigen Windungen des Drathes, der platten Spiralen, des Rechts- und Links-gewundenseyn und der Richtung des elektrischen Stromes zu ergeben. Herr Ampère setzt nehmlich die Verschiedenheit des noch nicht magnetischen Stahls von dem magnetischen darin, daß in jenem die elektrischen Ströme noch nicht in bestimmten Richtungen geordnet sind, sondern gleichsam alle mögliche Richtungen haben, während sie in Magneten auf die oben angegebene Weise, der Fig. 34 gemäß, angeordnet sind. Alle Thätigkeit von elektrischen Strömen, welche über noch nicht magnetisches Eisen nahe genug weggeführt werden, soll dahin gehen, durch anziehende und abstoßende Wirkung die ungeordneten elektrischen Ströme in einerley Richtung mit sich selbst zu stellen und gleichsam zu ordnen. Die Fundamentalbedingung zur Erzeugung kräftiger, ge-

wöhnlicher (Längen) Magnete, durch elektrische Ströme, wird also dieser Ansicht gemäß, seyn, die Stäbe, Nadeln u. s. w. in eine solche Lage zu bringen, daß in einem so großen Umfange, wie möglich, Ströme in Ebenen, senkrecht auf die Längenaxe, oder in querer Richtung in ihnen geordnet werden. So oft die äußern richtenden elektrischen Ströme in hinlänglicher Stärke und Ausdehnung über sie weggeführt werden, werden die Stäbe, Nadeln magnetisch geworden seyn, und die Lage der Pole wird durch die Richtung der Ströme an der Seite, auf welche die richtende Kraft der äußern Ströme zunächst gewirkt hat, der obigen Regel gemäß, ausfallen, der Nordpol wird nehmlich stets zur linken Hand liegen. Man begreift nach dieser Ansicht, warum nur bey einer queren Lage der Nadeln, Stäbe in Beziehung auf den Leiter, durch welchen der richtende Strom fließt (IX. 56. 59), diese magnetisch werden, weil nur unter dieser Bedingung die Ströme eine senkrechte Richtung auf die Längenaxe erhalten, wovon aller Längenmagnetismus abhängt; man begreift die entgegengesetzte Lage der Pole, je nachdem der Leiter oberhalb oder unterhalb der Nadel weggeht, weil, um in der untern Seite dieselbe oben angegebene Richtung, wie in der obern Seite, in Beziehung auf den elektrischen Strom, der in beyden Fällen die gleiche Richtung, nehmlich mit dem äußern richtenden, erhalten hat, anzunehmen, wir uns selbst gleichsam umwälzen müssen; das Links also, das die Lage des Nordpols bestimmt, nach entgegengesetzten Seiten fallen muß. Die kräftige Wirkung spiralförmig gewundener Dräthe im Magnetisiren von in ihrer Axe befindlichen Nadeln (IX. 58. 59) leuchtet eben so gut ein, weil hier die Nadeln von allen Seiten von elektrischen Strömen in einerley Richtung umkreist werden, die ihre ungeordneten Ströme sich gleichstellen; eben so die entgegengesetzte Lage der Pole der Nadeln bey rechts und links gewundenen Schraubendräthen, weil eben damit das

Links, das auf den Nordpol hinweist, sich umkehren muß, ein Erfolg, den Ampère schon bey dem ersten Schritte auf der weiten Bahn seiner Entdeckungen auf diesem Gebiete vorausgesagt hat. Sehr schön stimmen ferner die Resultate der unter XIII. 83 angeführten Versuche über die Magnetisirung von Nadeln durch elektrische Ströme, welche durch platte Spiralen (Archimedische Schneckenlinien) sich bewegen, und auf oder unter welche die Nadeln gelegt werden, damit zusammen. Bey symmetrischer Durchschneidung der Spiralen durch die Nadeln, namentlich wenn diese einen Durchmesser darstellen, müssen unter obiger Voraussetzung die Nadeln in zwey mit ihren gleichnamigen Polen in der Mitte an einander liegende (ein punctum consequens besitzende) Magnete, mit gleichnamigen Polen an den Enden der Nadel, verwandelt werden; weil nun in beyden Hälften der Nadel durch die in entgegengesetzter Richtung gehenden Ströme der Spirale analoge elektrische Ströme in der Nadel selbst hervorgerufen werden müssen, in Beziehung auf welche, wegen der nothwendigen Umkehrung der Lage, um in der Richtung der Ströme mit dem Kopfe vorwärts zu bleiben, das Links des Nordpols nach entgegengesetzten Seiten, und also entweder an beyde Enden, oder in die Mitte neben einander fallen muß, je nachdem die Nadel sich oberhalb oder unterhalb der Spirale befindet, oder, bey unveränderter Lage der Spirale, der Strom von innen nach außen, oder von außen nach innen, also rechts oder links geht. Die im Innern zusammenfallenden Pole werden durch einen Indifferenzpunct getrennt seyn, der gerade in die Mitte fällt, und also in dem angeführten Falle in den Mittelpunct der Spirale. Je mehrere Windungen der Spirale auf die Nadel wirken, um so kräftiger wird sie magnetisirt seyn. Uebrigens werden auch in den Stellen, welche nicht unmittelbar durchschnitten werden, Ströme von gleicher Richtung mit der Tangente der Spirale an dieser Stelle

erregt werden, wegen der Wirkung auf die Ferne. Werden die Nadeln nur durch Ströme von einerley Richtung durchschnitten, z. B. wenn sie als Radien die Spirale schneiden, so werden nur Ströme von einerley Art in ihnen erregt, sie werden also in einfache parallele Magnete verwandelt, und die Lage der Pole ist stets der obigen Regel gemäß, der Nordpol nehmlich links von den erregten Strömen. Endlich erklärt sich auch ohne Weiteres aus dieser Ansicht und dient zur Bestätigung derselben der Einfluß der Richtung elektrischer Entladungsschläge auf die Lage der Pole, insbesondere auch die Erregung des sogenannten Transversal-Magnetismus, wenn diese Ströme längs der Längenaxe hingeführt werden (XIII. 82), weil dann die elektrischen Ströme in den Stäben nach eben dieser Richtung sich ordnen, womit nach der Regel des Links- und Rechtsgelegenseyn der Pole von den Ebenen der Ströme diese statt an den Enden der Stäbe ihre Lage längs den Seiten erhalten müssen. Die Resultate der interessanten Versuche Schmidts über die Erzeugung von einfachen Transversal-Magneten durch elektrische Schläge (s. u.) stimmen auch vollkommen mit der Ansicht überein. Wir werden übrigens nochmals auf diesen Gegenstand zurückkommen. Daß eine Stahlplatte, durch deren Mittelpunct ein elektrischer Schlag geführt worden ist, ihren Magnetismus nur dann erst zeigt, wenn sie eingeschnitten worden ist, und freye Ränder an ihr hervortreten (XIII. 82), stimmt auch sehr gut mit der Theorie zusammen, denn die vom Mittelpuncte aus die Scheibe umkreisenden elektrischen Ströme haben nur dann erst ein getrenntes Rechts und Links, und also getrennte Pole, wenn ihre Continuität an irgend einer Stelle aufgehoben ist. Vorher fällt Rechts und Links überall zusammen.

3) Einen Hauptbeweis für die Richtigkeit seiner Ansicht über die innere Constitution der Magnete findet Am-

père besonders in den unter X. 62 — 64 erzählten, so sinnreich angestellten Versuchen über die Nachbildung gewöhnlicher Magnete durch schraubenförmig gewundene Schließungsdräthe, wobey die spiralförmig, und also nicht in vollkommen auf die Axe senkrechten Ebenen sich bewegenden Ströme, den auf die Axe senkrechten gewöhnlicher Magnete durch die Zurückführung des Leitungsdrathes im Innern der Axe einer Glasröhre, um welche solche Dräthe spiralförmig aufgewunden werden, in entgegengesetzter Richtung, wo durch die Aufhebung des nach der Axe gerichteten Theils der Wirkung des äußern Stroms durch die entgegengesetzte des innern bloß der transversale Theil zur Wirksamkeit kömmt, vollkommen gleich gemacht werden, und welche wahre Längenmagnete darstellen, die ihre beyden Pole ganz in der Art gelegen haben, wie sie der obigen Regel gemäß an den Enden gewöhnlicher Längenmagnete gelagert sind, so wie in dem magnetischen Verhalten der aus kreisförmig in sich zurückgeführten, mehrmals über einander gewundenen Schließungsdräthen gebildeten Magnete, die gleichsam einen Durchschnitt eines gewöhnlichen Magnets repräsentiren, und ihre magnetisch-polare Wirkung an ihren beyden Flächen zeigen, gleichfalls dem Gesetze gemäß.

4) Alle Wirkung der Magnete und Magnetnadeln auf einander, die wechselseitige Anziehung der sogenannten freundschaftlichen, ungleichnamigen, und die wechselseitige Abstoßung der gleichnamigen Pole ist gleichfalls aus der richtenden, sich in gleiche Lage zu stellenden thätigen Kraft der elektrischen Ströme, welche die Magnete in den bestimmten Richtungen umkreisen, im allgemeinen erklärlich. Es leuchtet ein, daß, wenn zwey Magnetnadeln neben, oder über, oder unter einander so gestellt werden, daß ihre gleichnamigen Pole zusammentreffen, Ströme von entgegengesetzter Richtung einander zugekehrt sind, weil nehmlich in

jener Lage die Stäbe sich immer nur die entgegengesetzten Seiten, der eine sein Unten dem Oben des andern, seine Westseite der Ostseite des andern zuwenden können, an welchen entgegengesetzten Seiten die Ströme entgegengesetzte Richtungen haben, welche sich nach dem Fundamental-Gesetze abstoßen müssen, während bey der in Beziehung auf ihre natürliche Stellung entgegengesetzten Lage der Stäbe gegen einander, so daß ihre ungleichnamigen Pole neben einander zu stehen kommen, wegen der Umkehrung des einen, die Ströme an allen Seiten, wo sie neben einander zu stehen kommen, die gleiche Richtung haben, und sich also anziehen. Doch zeigen sich hierbey einige Schwierigkeiten, auf die wir zurückkommen werden.

5) Da die großen magnetischen Verhältnisse des Erdkörpers in jeder Hinsicht übereinstimmen mit den magnetischen Verhältnissen, welche unsere Magnete im Kleinen gegen einander zeigen, so läßt sich nach strenger Analogie erwarten, daß auch hier dieselben Kräfte, dieselben Wirkungsformen, an gleiche Gesetze gebunden, walten werden, und es dienen zugleich diese Phänomene zu einem guten Probiersteine jeder Theorie des Magnetismus, und insbesondere auch des Elektro-Magnetismus, durch ihre Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung mit dem angenommenen Principe desselben. Da elektrische Ströme durch ihre Wechselwirkung auf einander die wirkenden Ursachen aller magnetischen Phänomene, der Ampèreschen Theorie zufolge, sind, so lag die Idee sehr nahe, daß der Magnetismus des Erdkörpers von der Wirksamkeit solcher elektrischen Ströme auf der Erde abhängen werde, und die hypothetische Bestimmung der Richtung und Beschaffenheit dieser Ströme mußte sich durch Vergleichung der vom Erdmagnetismus abhängigen Phänomene mit denjenigen, in welchen die elektrischen Ströme durch die Versuche selbst unmittelbar bestimmbar waren, leicht ergeben. Durch eine solche

Art zu schließen, würde Hr. Ampère zu der Annahme von elektrischen Strömen, welche den Erdkörper in der Richtung von Osten nach Westen umkreisen, gleichsam mit Nothwendigkeit hingeführt. „Als ich über die Ursache der neuen, von Hrn. Oersted aufgefundenen Erscheinungen nachdachte, stellte ich sehr bald folgende Ueberlegung an. Gesetzt, man habe noch nicht gewußt, daß die Magnetnadel sich in einer bestimmten Richtung von Süden nach Norden dreht, und nur in ihr zur Ruhe kömmt, als man die Eigenschaft derselben entdeckte, von einem elektrischen Strome so gedreht zu werden, daß sie sich senkrecht auf die Richtung desselben mit ihrem Südpole (dem Nordpole nach unserer überall befolgten Bezeichnung) links von dem Strome zu stellen strebt, und fände nun erst jene Eigenschaft, sich mit diesem links von dem elektrischen Strome sich stellenden Ende stets nach Norden zu drehen: so würde sich gewiß Jedem der einfache Gedanke unmittelbar aufdringen, ob denn nicht etwa auch auf dem Erdkörper, auf seiner Oberfläche, beständig ein elektrischer Strom in einer solchen Richtung fließe, daß Norden sich links von einem Menschen befinde, den man sich, das Gesicht nach der Magnetnadel gewendet, also rücklings auf der Erde liegend, so dächte, daß der Strom in der Richtung von seinen Füßen nach dem Kopfe ginge. Daß ein solcher Strom von Ost nach West in einer Richtung, senkrecht auf den magnetischen Meridian, fließen müßte, fällt in die Augen *).“ Herr Ampère hat auch eine Hypothese aufgestellt, um solche beständig die Erde von Osten nach Westen umkreisende Ströme durch eine große Galvanische Kettenwirkung begreiflich zu machen, doch fehlen in dieser Hinsicht zu sehr alle Data, um eine solche Erklärung nur mit einiger Genauigkeit aufstellen zu können.

---

*) Gilb. Ann. 1821. I. 147. 148.

6) Daß die verschiedenen Arten von Bewegungen — Anziehungen, Abstoßungen, Schwingungen, drehende Bewegungen — beweglicher Leiter, durch welche elektrische Ströme fließen, durch die Einwirkung von Magneten nach dieser Hypothese im Allgemeinen gleichfalls ihre Erklärung finden werden, ergibt sich schon daraus, daß sie, streng genommen, nur die reciprocen sind von denjenigen, welche Magnete zeigen, wenn diese (unter Form von Magnetnadeln) die beweglichen Körper sind. Wir wollen in dieser Hinsicht nur zweyerley Arten dieser Bewegungen betrachten, die dem Anscheine nach etwas Auffallendes haben. Die eine ist die in X. 64 beschriebene Bewegung des Ermannischen Rotations-Apparats zwischen den Armen eines Hufeisenmagnets; die andere ist jene von Barlow beobachtete Drehung eines Rades um seine Axe bald vorwärts, bald rückwärts XII. 78, gleichfalls durch die Einwirkung eines Hufeisenmagnets. Um diese Versuche zu erklären, reicht die Bemerkung hin, daß, da alle Ströme, welche sich auf einer Seite eines Magnets befinden, den man sich erst geradlinig denken kann, eine und dieselbe Richtung haben, wenn man diesen Magnet alsdann so krümmt, daß seine Pole sich einander nähern, die innern Ströme, oder die der concaven Seite des gekrümmten magnetisirten Stabes noch dieselbe Richtung haben, wodurch eine gleiche, und sich wechselseitig unterstützende Wirkung beyder Pole hervorgehen muß.

In dem Ermannischen Versuche wird, da in dem am Ende des Apparats herabsteigenden Drathe der elektrische Strom von oben nach unten geht, eine Anziehung dieses elektrischen Stromes und damit des ganzen Rotations-Apparats von beyden Polen Statt finden, wenn der Nordpol zur linken Seite sich befindet, weil bey dieser Lage die elektrischen Ströme auf der innern Seite des Hufeisens gleichfalls abwärts gehen, und der Apparat wird sich dann

nach demjenigen Pole hin begeben, welchem er am nächsten ist; geht hingegen bey ungewandter Lage der Pole, der Nordpol rechts vom Apparate, der Strom aufwärts an der innern Seite, so wird der Apparat von beyden Seiten gleichmäßig abgestoßen, und muß sich also nach wiederholten Oscillationen zwischen den beyden Polen in der Mitte des sie trennenden Raums fixiren. In Barlows Versuche geht der elektrische Strom gleichsam vom Mittelpuncte aus in der Richtung aller Halbmesser (oder bey entgegengesetzter Richtung nach dem Mittelpuncte zu); auf die Halbmesser in dem zunächst gelegenen untern Quadranten ist also die vorherrschende Wirkung der Ströme an den innern Seiten des Hufeisenmagnets gerichtet; ist die Richtung der Elektricität in den Radien dieses Quadranten in Beziehung auf die Richtung jener Ströme von der Art, daß sie durch Abwärtsbewegung gleichartig mit dieser wird, so wird das Rad rückwärts bewegt, im entgegengesetzten Falle vorwärts, und da sich immer neue, ähnlich gelegene Radien darbieten: so ist eine Drehung des Rads in der gegebenen Richtung eine Folge davon, und zwar mit großer Geschwindigkeit wegen der fortdauernden Wirkung, die zugleich auf einen bedeutenden Theil der Fläche des Rades wirkt.

7) Endlich hat Hr. Ampère auch die Magnetisirung von unmagnetischem Eisen durch Magnete aus seiner Theorie sehr sinnreich abzuleiten gewußt, indem er die Wirkung der Magnete mit der Wirkung von gewöhnlichen Leitern, die von elektrischen Strömen durchflossen werden, in Erregung des Magnetismus verglich, und hierin auffallende Aehnlichkeiten nachzuweisen wußte. Setzt man die Pole eines Magnets so auf einen Stahlstab, daß seine Axe senkrecht auf ihn ist: so wird er ganz genau eben so magnetisirt, wie wir oben sahen, daß durch von elektrischen Strömen durchflossene Archimedische Spiralen Nadeln magnetisirt werden, deren Mitte mit dem Mittelpuncte der Spirale zusammen-

trifft, und deren Axe senkrecht auf die Nadel ist; es entsteht nehmlich gleichfalls in der Mitte der von dem Magnete berührten Stelle ein punctum consequens, und beyde Enden des Stabs zeigen (wie die der Nadel in dem Versuche mit der Spirale) einen gleichnamigen Pol und zwar mit dem des Magnets, der in der Mitte aufgesetzt ist. Aus der vollkommenen Gleichheit der Wirkung kann man also auf eine Uebereinstimmung der wirkenden Ursachen schließen, oder man wird nothwendig auf die Annahme ähnlicher elektrischer Ströme, welche die Axe des Magnets eben so, wie jene die Axe der Spirale umkreisen, geführt. Führt man die Spirale oder den Magnet von einem Ende des zu magnetisirenden Stahlstabs immer nach einerley Sinn bis an das andere Ende hin: so behalten die elektrischen Ströme in dem Theile des Stabes, über welchen die Spirale oder der Pol schon weggegangen ist, die ihnen gegebene Richtung; dagegen verändern die elektrischen Ströme in dem vordern Theile beym Weggehen der Spirale oder des Magnetpols über sie ihre Richtung in die entgegengesetzte, daher das Ende des Stabs, von welchem das Streichen anfing, ein gleichnamiger, das Ende, wo es aufhört, ein ungleichnamiger Pol des streichenden werden muß, welches der Erfahrung entspricht. Auch der Erfolg der Magnetisirung durch den Doppelstrich läßt sich sehr befriedigend aus der Zusammenwirkung der elektrischen Ströme der mit ihren freundschaftlichen Polen an einander befindlichen Magnete, deren elektrische Ströme also auf ihrer innern, einander zugekehrten Seite einerley Richtung haben und sich unterstützen müssen, ableiten*).

93. Durch mehrere Einwendungen, welche namentlich auch Oersted der Ampèreschen Theorie entgegengestellt

---

*) Vgl. Gilb. Ann. 1822. III. S. 155. fg.

hatte, so wie durch die schöne Entdeckung Faradays, endlich durch einige merkwürdige Resultate, welche die holländischen Physiker erhalten hatten (s. o. XIII. 82.), wurde Hr. Ampère zu einer Berichtigung und Vertheidigung derselben veranlaßt, die uns Anleitung geben soll, noch einige interessante elektromagnetische Erscheinungen nachträglich zu bemerken, und die Theorie Ampères durch Erklärung derselben nach ihr noch weiter ins Licht zu setzen. In seinen frühern Aufsätzen hatte Ampère stets angenommen, daß die elektrischen Ströme den Magnet als ein Ganzes, gleichsam seine Masse umkreisen. Mit dieser Annahme waren aber die Resultate einiger Versuche im Widerspruche. Ein solches Resultat war namentlich dasjenige des mit NB. unter XIII. 82. bezeichneten Versuchs der holländischen Physiker. Hätten nehmlich die vorher entstandenen elektrischen Ströme wirklich in sich zurücklaufende concentrische Curven um die ganze Länge des Magnets, nach welcher zuerst die Entladungsschläge geführt worden waren, gebildet: so hätten die zweyten Entladungsschläge durch den in der Mitte der Quere nach geleiteten Drath alle diese Ströme, weil sie denselben sämmtlich senkrecht durchschnitten, durchaus vernichten (oder vielmehr umkehren), und statt ihrer überall neue, senkrecht auf die vorigen gerichtete Ströme, und also auch durchgängig eine neue Polarität, deren Axe auf die der vorigen senkrecht seyn müßte, hervorbringen sollen. Die neuen Entladungen, schwächere als die ersten, hatten aber die neue Polarität nur bis zu einer gewissen Gränze ertheilt. Dieß Resultat ist jedoch mit der Theorie vereinbar, sobald man annimmt, daß die elektrischen Ströme nur die kleinsten Theilchen eines Magnets umkreisen, und diese Modification hatte daher auch Hr. Ampère schon im Jahre 1821 seiner Theorie gegeben. Aus dieser Annahme erklärt sich auch auf eine befriedigende Weise das Resultat eines Versuchs von Hrn. Davy, warum ein einem Schließungsdrathe

parallel gelegter Stahldrath den Transversal-Magnetismus, den er angenommen, bey der Oeffnung der Kette sogleich wieder verlor, während der bey senkrechter Durchschneidung des Schließungsdrathes durch einen Stahldrath in diesem erzeugte Längenmagnetismus permanent bleibt, weil beym Transversalmagnete nur die wenigen nach der Dicke des Magnets über einander befindlichen elektrischen Ströme sich anziehen und verstärken, alle andere aber einander stören, und schwächen werden, während die elektrischen Ströme sich nicht stören, wenn sie in verschiedenen Ebenen und ihre Mittelpuncte alle in einer auf diese Ebenen senkrechten geraden Linie sind, wie in den Längen-Magneten. Einen entscheidenden Beweis des Umkreisens des elektrischen Fluidums um die kleinsten Theilchen findet Hr. Ampère in dem Versuche, in welchem er einen Magnetstab um seine eigene Axe sich drehen machte (s. o. XII. 76.), indem nach seiner Grundformel dieser Erfolg unter den angegebenen Umständen unmöglich seyn würde, wenn die elektrischen Ströme als concentrische insgesammt um die Axe eines solchen cylindrischen Magnetstabs umherkreisten. Die drehenden Bewegungen eines Magnetpols um einen Schließungsdrath, und umgekehrt, hat Ampère auf eine sinnreiche Art aus seiner Grundformel zu erklären gesucht, indem er zeigte, daß dieses Rotiren nicht der Einwirkung des im Schließungsdrathe vorhandenen elektrischen Stromes zuzuschreiben sey, sondern vielmehr der Reaction der in dem Quecksilber entstehenden elektrischen Ströme, welche auch die Rotation des Quecksilbers, wie sie schon früher von S. H. Davy in Galvanisch durchströmten Ketten, in welche Quecksilber als Kettenglied eingeht, beobachtet worden sind, erzeugen, und mittelst welcher es Ampère gelungen ist, den schwimmenden Magnet bloß durch ihre Wirkung in eine geradlinige Bewegung zu versetzen. Das Ausführlichere hierüber enthält ein interessanter Aufsatz in Gilb. Ann. 1822 III. S. 257 unter

dem Titel: Des Herrn Ampère Beschreibung der verbesserten Einrichtung des von ihm im Dec. 1821 bekannt gemachten und eines neuen elektrisch-dynamischen Drehungsapparats. Die nähere Prüfung dieser Grundformel liegt indessen außer dem Plane dieser Schrift, die mit für Leser bestimmt ist, denen feinere mathematische Erörterungen fremd seyn würden. Dagegen verdienen einige andere Einwendungen hier noch eine kurze Beleuchtung, da sie vorzüglich den Punct ins Klare setzen, wie man in Erklärung dieser Vorgänge auf die Gesammtwirkung aller Ströme Rücksicht zu nehmen habe.

1) De la Rive hat in den Erscheinungen, welche ein kleiner schwimmender elektrisch-magnetischer Apparat darbietet, einen Widerspruch mit Ampères Theorie zu finden geglaubt. Er hat dieselben in einem eigenen Aufsatze*) beschrieben, und Faraday**), der sie vollkommen bestätigt fand, hat sie zur Unterstützung seines Erklärungsprincipes benutzt. Dieser Apparat besteht aus einem kleinen Multiplicator, wie wir ihn Fig. 15 dargestellt haben, nur daß der elektrische Strom nicht von einem von ihm getrennten Galvanischen Apparate ihm zugeführt wird, sondern dieser mit ihm selbst verbunden ist, indem an dem einen Ende des mehrmals über einander geschlungenen Apparats ein Zinkstreifen, an dem andern ein den Zinkstreifen auf beyden Seiten umgebender Kupferstreifen befestigt ist, die durch eine Korkscheibe gesteckt durch Hülfe desselben den Multiplicator auf säuerlichem Wasser schwimmen machen, in das sie selbst eintauchen. Dadurch wird ein elektrischer Strom erregt, der vom Kupfer aus den Drath in seinen Windungen umkreist, und vom Zinke aus wieder durch das Wasser in das Kupfer zu-

*) Gilb. Annalen. 1822. II. S. 113.

**) Eben daselbst S. 149—151.

rückkehrt und einen beständigen Kreislauf darstellt. Dieser Kreis setzt sich immer in eine solche Lage, daß der elektrische Strom ihn in der untern Hälfte von Osten nach Westen durchfließt, und gibt man dem Strome die entgegengesetzte Richtung (indem man die beyden Metalle in ihrer Aufhängung vertauscht, wenn die zuvor Statt gehabte Anordnung den Strom in der ersten Richtung veranlaßt hatte), das heißt, in dem untern Theile von Westen nach Osten: so kömmt der Kreis von selbst in Bewegung, durchläuft 180°, und setzt sich so in Ruhe, daß der Strom seine untere Hälfte wieder von Osten nach Westen durchläuft. Man sieht leicht ein, wie der Amp. Theorie gemäß dieser Kreis durch die richtenden elektrischen Ströme, die die Erde von O. nach W. durchlaufen, auf diese Weise orientirt wird, und darin nur Abänderung des unter X. 66. erzählten Versuchs. Nähert man einen Magnetstab, den man horizontal und senkrecht auf die Ebene des Kreises hält, dem Mittelpuncte des Ringes, so wird, wenn die elektrischen Ströme des Magnetpols und des Rings in einerley Sinn umherkreisen (also z. B., im Falle der Ring mit seiner Ebene senkrecht auf den magnetischen Meridian steht, der Zink in Osten, Kupfer in Westen, wo also die Ströme im Ringe unterhalb von O. nach W., oberhalb von W. nach O. gehen, wenn man den Nordpol von Süden her, oder den Südpol von Norden her dem Ringe nähert) der Ring angezogen, und schiebt sich längs des Magnetstabs herauf. Kehrt man aber den Stab um, und nähert eben so den entgegengesetzten Pol dem Mittelpuncte des Ringes, so stößt der Stab den Ring ab, weil nun die Ströme beyder in entgegengesetztem Sinne fließen. Der Ring strebt außerdem noch in diesem Falle sich zu drehen, damit seine Ströme gleichsinnig mit denen des Magnets werden, und macht von selbst eine halbe Umdrehung rechts oder links, und wird nach Vollendung derselben aufs neue vom Magnetstabe angezogen. Nähert man

den Magnetstab dem Ringe, der sich von selbst orientirt hat, nehmlich in einer mit seiner Ebene senkrechten Richtung auf den magnetischen Meridian, an seiner äußern Seite, und führt ihn längs derselben hin: so wird der Ring rechts oder links gedreht, bis sich die Mitte des Stabes ihm gegenüber befindet, in welchem Falle der Ring weder rechts noch links gedreht, sondern bloß angezogen oder bloß abgestoßen wird, je nachdem sein Strom mit denen des Magnetstabs an der ihm zugewendeten Seite in gleichem oder in entgegengesetztem Sinne fließt. Es wirken nehmlich in diesem Falle auf den elektrischen Strom des Rings alle elektrischen Ströme des Magnetstabs, und nicht bloß die ihm nächsten, und ihre Wirkung ist umgekehrt nicht bloß auf den elektrischen Strom in der nächsten Seite des Ringes eingeschränkt, sondern reicht bis zu dem in der entfernten Seite hin. Daher rührt das Drehen des Ringes nach der einen oder der entgegengesetzten Seite, je nachdem Abstoßung oder Anziehung der nächsten Seite Statt findet, und das Aufhören des Drehens in der Mitte des Magnetstabs, wo die von beyden Seiten her auf den Ring wirkenden Kräfte gleich sind. Wenn man den Ring von der Mitte des Ringes sich entfernen und einem der Enden desselben nähern läßt, so findet sich, daß er sich dann mit seinen beyden gegenüberstehenden Halbkreisen an den Stab anlegt, ungeachtet der elektrische Strom in dem einen aufwärts, in dem andern herabwärts fließt, die elektrischen Ströme des Magnetstabs aber an beyden Stellen, wo der Ring ihn berührt, sich in einerley Sinn bewegen, folglich der Theorie Ampères zufolge nur den einen Halbmesser anziehen, den andern abstoßen sollten. Dieser Erfolg, bemerkt Herr Ampère dagegen, finde nur dann Statt, wenn sich die eine Seite des Ringes (der eine Halbkreis) zwischen den beyden Polen, die andere aber zwischen einem Pole (dem Puncte nehmlich, in welchem die magnetische Kraft die größte Intensität zeigt,

und der zugleich der Indifferenzpunct ist, von welchem oben VI. 32. die Rede war) und dem Ende des Magnetstabes befindet. An dieser Stelle kehrt sich nehmlich wegen der stärkern Wirkung der Ströme auf der entgegengesetzten Seite, wegen ihrer weniger schiefen Richtung, wenn sie gleich aus größern Distanzen wirken, die Wirkung um, und wenn gleich diese Seite des Ringes von den nächst daran gelegenen Strömen des Magnets abgestoßen werden sollte, so wird sie wegen des Uebergewichts der entgegengesetzten Wirkung der Ströme auf der entgegengesetzten Seite in Anziehung erhalten. Wenn sich der Ring auf diese Weise mit seinen beyden Halbkreisen angelegt hat, so schiebt er sich seitwärts längs des Stabs nach dem nächsten Ende zu, bis der vorderste Halbkreis über dieses Ende hinausgelangt ist, worauf der Ring sich so dreht, daß der Magnetstab sich vor seiner Oeffnung befindet, und dann schwimmt er längs desselben bis zu dem Mittelpuncte des Stabs hin. Betrachtet man die Wirkungen aller Ströme eines Magnets in Masse auf einen Schließungsleiter, der senkrecht auf seine Axe ist und ihn berührt (bemerkt Hr. Ampère über diesen Erfolg), so übersieht man leicht, daß die in der Richtung der Axe aus ihnen hervorgehende Kraft desto stärker seyn muß, je weiter sich der Leiter vom Mittelpuncte des Magnets nach den Polen zu befindet, indem dann der übereinstimmend auf ihn wirkenden Ströme desto mehr sind. Da nun in diesem Versuche der Ring eine solche Lage hatte, daß der elektrische Strom in dem dem Mittelpuncte des Stabs näheren Halbkreise angezogen, also in dem von ihm entfernteren abgestoßen wurde: so mußte die Abstoßung überwiegen und der Ring sich von dem Mittelpuncte längs des Stabes entfernen, bis der entferntere Arm über das Ende des Stabs hinaus war, und nun dem Stabe sich so zudrehte, daß seine Ströme denen des Magnets parallel wurden, und der Ring, rings umher von den Strömen des Magnets angezogen,

längs des Stabes nach dem Mittelpuncte des Stabes hinaufschwamm (wo die anziehenden und abstoßenden Kräfte in Beziehung auf die beyden Seiten des ganzen Kreises mit einander in vollkommenem Gleichgewichte waren).

2) Das verschiedene Verhalten der verschiedenen Stellen einer Magnetnadel jenseits und dießseits des Pols von der Mitte an gerechnet, oder zwischen dem Pole und der Mitte einerseits und dem Pole und der Spitze und über diese hinaus andererseits, gegen einen lothrechten Leitungsdrath, so wie eines horizontalen Leitungsdrathes, der quer über oder unterhalb von der Mitte aus nach dem Ende der Nadel hingeführt wird, erklärt sich auf eine analoge Weise. Jenseits des Pols bekommen nehmlich die Wirkungen der Ströme auf der entgegengesetzten Seite der Nadel das Uebergewicht, und da sie in entgegengesetzter Richtung gehen, so muß auch die von ihnen abhängige Wirkung die entgegengesetzte werden *).

3) Nur aus diesem Gesichtspuncte läßt sich auch ein Einwurf beseitigen, den namentlich Oersted gemacht hat **). Daß zwey Magnetstäbe oder Magnetnadeln, wenn sie über oder neben einander sich befinden, mit ihren gleichnamigen Polen in derselben Richtung durch die anziehende und ab-

---

*) Daß Schraubendräthe, von elektrischen Strömen durchflossen, welche als gewöhnliche Längenmagnete wirken, keine solche Verschiedenheit der Anziehung und Abstoßung von der Mitte bis zur Spitze hin zeigen, sondern allenthalben entweder anziehen oder abstoßen, hängt von der gleichförmigen Vertheilung der elektrischen Ströme um sie herum ab, während bey gewöhnlichen Longitudinal-Magneten die elektrischen Ströme nach der Mitte zu mehr zusammengedrängt sind. Faraday (a. a. O. S. 165 — 167) gibt noch einige andere Verschiedenheiten an, die mir aber nicht auf genauen Versuchen zu beruhen scheinen.

**) Schw. N. J. II. S. 222 — 224.

stoßende Kraft ihrer elektrischen Ströme so auf einander wirken müssen, daß, wenn die eine beweglich ist, sie sich gänzlich umkehrt und die ungleichnamigen Pole neben einander zu liegen kommen, ist oben schon als übereinstimmend mit der Theorie bemerkt worden. Werden zwey Magnete in eine gerade Linie hinter einander mit ihren Axen gestellt, so daß der Nordpol des einen dem Südpole des andern gerade zugekehrt ist: so begreift man auch hier sehr wohl die wechselseitige Anziehung der Pole gegen einander, wegen der gleichnamigen Richtung der Ströme, wie sich jeder leicht anschaulich machen kann, wenn er sich den in Fig. 34 abgebildeten Magnet in der Mitte durchschnitten und in zwey Magnete verwandelt denkt, wo die vordere Hälfte ihren Südpol nach hinten, die hintere Hälfte ihren Nordpol nach vorn gelegen hat, und also in der geforderten Lage. Stellt man nun aber die Magnete so neben einander, daß das vordere Ende der hintern Hälfte, oder ihr Nordpol neben das hintere Ende, oder den Südpol der vordern Hälfte, zu liegen kömmt: so treffen, wie man auch diese Enden neben einander lege (zur Seite neben einander, oder über und unter einander) in allen Fällen Ströme von entgegengesetzter Richtung zusammen und müssen sich also abstoßen. Umgekehrt müßten sich gleichnamige Pole, auf dieselbe Weise neben einander gebracht, indem man nehmlich den einen Magnet in umgekehrter Richtung hält, einander anziehen, weil ihre neben einander befindlichen Ströme nun in gleicher Richtung gehen, und diese nach Ampère anziehend auf einander wirken. Beydem widerspricht aber die Erfahrung. Diesen Einwurf beseitigt Ampère durch folgende Betrachtung. Wenn zwey Magnete in paralleler Lage neben einander in einerley Richtung mit ihren Polen sich abstoßen, so haben an dieser Abstoßung die Ströme aller Seitenflächen, oder vielmehr aller Theilchen der Magnete, Antheil. Wenn man den einen Magnet so verschiebt, daß beyde zwar noch pa-

rallel neben einander, aber nicht mehr mit ihren gleichnamigen Polen nahe bey einander, sondern in der Lage, wie in Fig. 34 a sind: so kömmt es nun nicht mehr bloß auf die Abstoßung der Ströme in den einander zugewendeten Flächen cd und b′a′ an, sondern auch auf die Abstoßung in den von einander abgekehrten Seitenflächen ba und c′d′, und zugleich auf die Anziehung der an den Seiten ba und b′a′, so wie der an den Seiten cd und c′d′ in einerley Sinn fließenden elektrischen Ströme; und da dann an den einander nächsten Seiten die Ströme in schiefern Richtungen, als die entferntern, auf einander wirken: so muß es beym allmähligen Fortbewegen des Magnets A′B′ mit unveränderter Richtung seiner Axe eine Lage geben, wo endlich die Anziehung der Abstoßung gleich wird. In dieser Lage ist in je zwey der elektrischen Kreisströme des einen und des andern Magnets die Abstoßung oder die Anziehung überwiegend, je nachdem die gerade Linie durch die Mittelpuncte beyder Ströme auf die Ebenen durch die Ströme schiefer oder weniger schief steht, als das bey den Strömen in den gleichnamigen Polen der Fall ist; und da bey diesem Fortbewegen des Magnets A′B′ bey unveränderter Richtung seiner Axe der erstern immer weniger, der letztern immer mehr werden: so müssen endlich beyde Magnete sich anziehen, wie dieses die Erfahrung lehrt, und es sind dann die ungleichnamigen Pole B′ und A′ die einander nächsten. Das Umgekehrte findet Statt, wenn man zwey Magnete, die in gerader Linie mit den ungleichnamigen Polen einander zugekehrt sind, über einander wegschiebt. Ihre Anziehung wird immer schwächer, und geht in Zurückstoßung über, und dann sind die gleichnamigen Pole einander die nächsten.

4) La Rive theilt einen sehr sinnreich erdachten Versuch mit*), wo ein frey beweglicher, mit zwey rechtwinkeli-

*) Gilb. Annalen 1822. III. S. 130.

gen Knieen versehener, unten offener Schließungsdrath, dessen oberer horizontaler Theil in seiner Mitte mit einer sehr feinen Stahlspitze versehen war, mittelst welcher er im Gleichgewicht schwebte, auf einer Unterlage von gehärtetem Stahl mit seinen beyden senkrechten Schenkeln in zwey von einander getrennte, mit Quecksilber gefüllte Zellen eintauchte, um einen elektrischen Strom so durch ihn hindurchführen zu können. Der Leitungsdrath bewegte sich je nachdem der elektrische Srrom in dem obern horizontalen Theile in der einen oder der andern Richtung floß, und stellte sich in eine auf den magnetischen Meridian senkrechte Richtung, aber gerade auf die entgegengesetzte Weise, als man nach der Ampèreschen Theorie von der richtenden Wirkung der elektrischen Ströme des Erdkörpers hätte erwarten sollen. Die Bewegung in diesem Versuche hing aber nicht zunächst von dieser Kraft, sondern von der anziehenden und abstoßenden Wirkung der elektrischen Ströme auf die Oberfläche des Quecksilbers gegen die Ströme der senkrechten in dasselbe eintauchenden Schenkel ab, und diese Wirkung konnte auf keine Weise dadurch beseitigt werden, daß Herr La Rive die Platina-Enden dieser senkrechten Schenkel hakenförmig umbog, und an sie mittelst Oehre frey bewegliche Stücke Platinadrath in das Quecksilber herabhing. Denn dadurch konnte nur die mechanische Wirkung des Stoßes von vorausgesetzten Strömungen, aber nicht die dynamische Wirkung anziehender und abstoßender Kräfte entfernt werden.

94. So siegreich auch die Ampèresche Theorie, richtig ausgelegt, die vorgetragenen Einwendungen zu entkräften im Stande ist, so scheinen mir doch einige Einwürfe gegen dieselbe fester begründet zu seyn:

1) Herr Ampère hat, wie wir oben gesehen, die Magnetisirung von Stahl und Eisen durch Magnete mit seiner

Theorie sehr glücklich in Uebereinstimmung zu bringen gewußt. Aber gerade hier bietet sich noch eine Schwierigkeit dar. Es paßt nehmlich die Vergleichung mit der Wirkung einer platten Spirale sehr gut auf den Fall, daß der Magnetstab senkrecht mit seinem Pole, oder auch in geneigter Stellung auf den zu magnetisirenden Stab aufgesetzt wird. Streicht man aber den Stab mit dem mit seiner Axe in horizontaler und auf die Axe des zu magnetisirenden Stabs senkrechter Richtung stehenden Magnetstabe: so könnte auf diese Art entweder kein oder höchstens nur Transversal-Magnetismus erzeugt werden, weil dann die elektrischen Ströme des streichenden Magnets in die Längenaxe des zu magnetisirenden Stabs fallen, folglich in demselben — statt der Quere nach, in Ebenen, senkrecht auf die Axe, kreisende Ströme zu erzeugen, — der Länge nach, in Ebenen, parallel mit der Axe, die kleinsten Theilchen umkreisende Ströme erzeugen müßten, womit Transversalmagnetismus gegeben ist. Und doch entsteht auch unter diesen Umständen Longitudinal-Magnetismus, wie beym gewöhnlichen einfachen Striche mit lothrecht aufgesetztem Magnetstabe, nur von geringerer Intensität.

2) Eine Hauptschwierigkeit liegt ferner in einigen kürzlich von Herrn Prof. Schmidt bekannt gemachten Versuchen*). 1. „Man klebe, sagt er, einen 2'' bis 3''' breiten Streifen Blattgold auf eine Glasplatte, lege quer darüber ein Stück einer Uhrfeder 1'' bis 1½'' lang, das man vorher mit Lackfirniß bestrichen habe, und lasse den Entladungsschlag aus einer Leidner Flasche durch den Streifen Blattgold gehen. Indem sich das Gold oxydirt (?), wird die Uhrfeder magnetisch, der unter der Uhrfeder hergegangene positive Strom sey von Osten nach Westen gerichtet: so wird

*) Gilb. Ann. 1823. II. S. 260.

das nach Norden gekehrte Ende der Stahlfeder auch nordpolar seyn. 2. Man lege nun den Goldstreifen quer über die Stahlfeder und leite den positiven Strom, wie im vorigen Falle, so wird das nach Süden gerichtete Ende der Stahlfeder nordpolar seyn. So weit stimmt Alles sehr gut mit Ampères Theorie zusammen. 3. Man richte Alles, wie im Versuch 1 zu, lege aber auf die Uhrfeder und die erste Glastafel eine zweyte Glastafel, und auf diese einen künstlichen Magnetstab in die verlängerte Richtung der Uhrfeder, dermaßen, daß der Nordpol des Magnets die nördliche Hälfte der Uhrfeder decke, der Südpol desselben aber so weit entfernt zu liegen komme, daß man seinen Einfluß außer Acht lassen kann, und führe nun die elektrische Entladung durch den Goldstreifen. Das nördliche Ende der Uhrfeder wird nun nicht, wie in dem ersten Versuche, nordpolar, sondern, wie in dem zweyten, südpolar. In diesem Falle müßten sich vielmehr die beyden Ströme, die auf die Uhrfeder wirken, wechselseitig unterstützen, um dieses Ende noch kräftiger nordpolar zu machen, indem bey umgekehrter Lage des Magnets, wie hier, die Ströme an seiner untern Fläche von Westen nach Osten gehen und ähnlich gerichtete Ströme an der obern Fläche der Uhrfeder erzeugen sollten, während der von Osten nach Westen gehende elektrische Strom an der untern Fläche diese Ströme von Osten nach Westen, also zusammenstimmend mit dem erstern, richtet. 4. Ist Alles, wie im vorigen Versuche, zugerichtet, nur daß die nördliche Hälfte der Uhrfeder vom Südpole des Magnetstabs überdeckt ist: so wird die nördliche Hälfte der Uhrfeder, wie im ersten Versuche, nordpolar, aber stärker. Auch der Ausfall dieses Versuchs ist der Ampèreschen Theorie entgegen; denn entweder sollte gar kein Magnetismus hervorgerufen werden, wenn die hier einander entgegenwirkenden Kräfte einander gleich sind, oder nach dem Uebergewichte der einen oder der andern ein südpo-

larer, oder nordpolarer, aber letzterer schwächer, als im ersten Versuche.

3) Der von H. v. Yelin beobachtete elektro-magnetische Indifferenzzustand des Leitungsdrathes nach X. 66. scheint gleichfalls eine Schwierigkeit darzubieten, da nach Ampères Theorie, wenn z. B. bey lothrechter Drehungsaxe der obere Drath mit dem Kupferpole verbunden ist, die links gelegene Hälfte bey Annäherung eines Nordpols in horizontaler Richtung, senkrecht auf die Ebene des Draths, abgestoßen, vom Südpole angezogen werden müßte, indem im erstern Falle die elektrischen Ströme des Magnets widersinnig mit denen des Schließungsdrathes fließen, in diesem nehmlich (bey der Lage des Drathes senkrecht auf den magnetischen Meridian) im obern Theile des Drathes von Osten nach Westen, im untern von Westen nach Osten, dagegen im Magnete umgekehrt, — bey Annäherung mit dem Südpole dagegen gleichsinnig. Ich muß jedoch hier nachträglich zu X. 66. bemerken, daß Oersted bey Wiederholung des Versuchs nicht den von Hrn. v. Yelin angegebenen Erfolg erhielt, sondern die Erscheinungen so ausfallen sah, wie die Ampèresche Theorie sowohl, als auch die Oerstedische Wirbeltheorie sie fordert*).

4) Herr Ampère hat sich über die Kräfte, welche im unmagnetischen Eisen elektrische Ströme um seine kleinsten Theilchen in allen möglichen Richtungen unterhalten, nicht deutlich erklärt. Kaum lassen sich solche fortdauernde elektrische Ströme anders, als durch Galvanische Kettenwirkung hervorgebracht, denken. Wo finden sich nun in dem reinen Nickel, in dem reinen Kobalt und in dem so viel möglich gereinigten Eisen drey Elemente, welche überall zur Erzeugung und Unterhaltung eines solchen elektrischen Kreis-

---

*) Vgl. Schw. III. 130.

laufes erforderlich zu seyn scheinen? Und gesetzt, wir geben auch solche heterogene Theile zu, wie läßt sich in dem starren Gefüge dieser festesten Metalle eine solche Beweglichkeit dieser Theilchen denken, um sich durch elektrische Einwirkung auf ihre elektrischen Ströme zugleich mit diesen in die angemessene Lage anordnen und richten zu lassen; und abgesondert von den Ketten selbst und ohne diese lassen sich die elektrischen Ströme so wenig in eine andere Lage gebracht denken, als die den Schließungsdrath durchfließenden Ströme ohne diesen.

5) Endlich scheint Ampère von einem Grundgesetze ausgegangen zu seyn, das der Natur der Sache nach noch kein letztes seyn kann, oder in welchem die hier wirkenden Kräfte selbst noch nicht in ihrem wahren Wesen richtig dargestellt sind. Allen Constructionen von Bewegungen liegt nehmlich der Fundamentalsatz zum Grunde, daß bewegende Kräfte, die in paralleler Richtung wirken, keine Wirkung wechselseitig auf einander ausüben, also keine Veränderungen in Absicht auf Ruhe und Bewegung hervorbringen können. Wie sollen nun parallel neben einander dahin fließende elektrische Ströme, je nachdem sie in gleicher oder entgegengesetzter Richtung sich bewegen, anziehende oder abstoßende Kräfte auf einander ausüben, wenn man nicht in diesen Elektricitäten Kräfte voraussetzt, die seitwärts wirken, oder in Richtungen, die mit ihrer progressiven Nichts gemein haben, wenigstens aus dieser allein sich nicht begreifen lassen. Darüber ist uns also die Ampèresche Theorie noch Rechenschaft schuldig. Immer wird diese Darstellungsart der Phänomene durch Hrn. Ampère den großen Nutzen leisten, sich in den so mannichfaltig verschlungenen und verwickelten Versuchen leicht zu orientiren, und die Erfolge voraus zu bestimmen.

C. Prechtls Theorie.

95. Durch die Idee, daß alle Erscheinungen, welche der Schließungsdrath zeigt, sich auf die Gesetze des Transversal-Magnetismus zurückführen lassen, daß der Schließungsdrath als ein wahrer Transversal-Magnet mit sehr vielen an einander liegenden entgegengesetzten Polen in seinem Querschnitte wirke, hat Herr Prechtl in Wien das Vorbild zur zweyten Hauptclasse von Theorieen des Elektromagnetismus aufgestellt, aber darin sich wieder von ihnen geschieden, daß er Magnetismus und Elektricität als identische Kräfte von verschiedenen Seiten wirksam betrachtet. In seinem interessanten Aufsatze: Ueber die wahre Beschaffenheit des magnetischen Zustandes des Schließungsdrathes der Voltaischen Säule*)" hat er die Theorie des Transversal-Magnetismus wesentlich aufgeklärt, und in einem spätern Aufsatze**) noch weiter ausgeführt. Das Wesen des einfachen Transversal-Magnetismus ist schon oben III. 15. bestimmt worden. Herr Prechtl lehrt diesen einfachen oder zweypoligen Transversalmagnet auf folgende Weise darzustellen. „Man wickle auf eine Glasröhre, oder auf einen hölzernen Cylinder feinern oder gröbern Stahldrath in Spiralen auf, so daß sich diese einander berühren, und als ein zusammenhängender Ueberzug die Unterlage bedecken. Man setze dann an das eine Ende dieses überspronnenen Cylinders den Süd- oder Nordpol eines Magnets und führe ihn nach der Länge des Cylinders, jedoch so über ihn hin, daß die Richtung des Strichs in einer Ebene mit der Axe des Cylinders bleibe. Es entsteht auf diese Weise ein Transversalmagnet mit einfacher Polarität, der seiner ganzen Länge nach auf der einen Seite den Nord-, auf der entgegengesetzten Seite den

*) Gilb. Annalen 1821. I. 259.

**) Ebendaselbst 1821. II. 203.

Südpol hat. Diese Transversalmagnete sind in allen Puncten der Länge des Drathcylinders gleich stark, die beyden Enden desselben zeigen dagegen keine Pole, und sie haben keinen andern Magnetismus, als denjenigen, welcher jedem einzelnen Puncte der ganzen Länge zugehört. Führt man den einen Pol eines gewöhnlichen Magnets über diesen Transversalmagneten dergestalt hin, daß er um denselben eine Spirale beschreibt, so magnetisirt sich derselbe nach der Länge, die Transversalmagnetismen verschwinden, und die beyden Pole befinden sich nun an den Enden, wie beym gewöhnlichen Magnete.

Auf folgende Art läßt sich ein Transversalmagnet mit vier einander entgegengesetzten Polen der Peripherie seines Querschnittes darstellen. Man nehme vier Magnetstäbe von etwa $\frac{1}{4}$" Dicke, bereite ein Bretstückchen vor, welches in der Mitte mit einer Oeffnung von etwa 1" Durchmesser versehen ist, und in welchem, unter rechten Winkeln sich kreuzend, Einschnitte sich befinden, in welche die Magnetstangen eingeschoben werden können, so daß ihre schmalen Seiten aufwärts stehen, befestige dann in diesen Einschnitten die Magnetstangen dergestalt, daß in der Oeffnung des Bretchens gleiche Pole einander gegenüber stehen, und richte sie so, daß diese Pole den Umkreis des gewundenen Drathes von etwa $\frac{1}{2}$" Durchmesser in gleicher Entfernung von 90° zu 90° berühren. Nun ziehe man den gewundenen Drath durch diese Oeffnung durch, wobey man jedoch darauf zu sehen hat, daß der gewundene Drath nicht um seine Axe gedreht werde, sondern daß die Richtung jedes einzelnen Magnetpols in derselben Ebene mit der Axe desselben bleibe. Statt des gewundenen Eisen- oder Stahldraths kann auch eine massive cylindrische Stahlstange genommen werden. Es ist begreiflich, daß man auf diese Art die Transversalpolaritäten eines Querschnitts so sehr vervielfältigen kann, als es das Verhältniß der Dicke der Enden der Magnetstäbe zu der

Peripherie des transversal zu magnetisirenden Stahlcylinders zuläßt. Aus Stahlringen von vier bis sechs Zoll Durchmesser lassen sich durch Aufsetzen der beyden Pole eines hufeisenförmigen Magnets, die so nahe als möglich bey einander stehen, nach der Reihe in der Peripherie desselben, so daß zwischen der Stelle, auf welcher der eine Pol zuletzt gestanden, und der, wo man den andern Pol von neuem aufsetzt, eben so viel Zwischenraum bleibe, als zwischen den Polen des hufeisenförmigen Magnets Querdurchschnitte von Transversalmagneten von 20 bis 30 entgegengesetzten Polen neben einander zu Stande kommen. Um sich nun eine richtige Vorstellung der Wirkungsart eines Schließungsdrathes, dessen Querschnitt ein Transversalmagnet von gleichsam unendlich vielen, neben einander liegenden, entgegengesetzten Polen darstellt, zu machen, dient die Vorstellung eines solchen cylindrischen Drathes Fig. 35. Da nehmlich die einzelnen Polaritäten sehr nahe an einander liegen, so tritt hier auf eine Magnetnadel von endlicher Länge die Gesammtwirkung aller der Polaritäten ein, welche über dem Durchmesser desjenigen halben Querschnittes, mit welchem die Magnetnadel parallel steht, befindlich sind; nur auf eine unendlich kleine Magnetnadel würde die Elementarwirkung eben so, wie z. B. beym Vielecke von einer endlichen Anzahl von Seiten, z. B. bey einem Sechsecke, wie in Fig. 36, oder bey einem Vierecke, wie in Fig. 37 auf eine Magnetnadel von endlicher Größe, wo die magnetischen Richtungen je zweyer an einander gränzender Seiten entgegengesetzt sind, erfolgen. Es wirkt also auf die Magnetnadel 1 von endlicher Größe von einem Transversalmagnet von unendlich vielen Seiten aus die Reihe der Polaritäten + — + — — — + —, deren Wirkung gleich ist der Polarität + — oder NS, wornach die Nadel ihre Richtung bestimmt. Es ist hier derselbe Fall, als wenn man mehrere, z. B. acht bis zehn dünne Magnetstangen so auf einander legt,

daß ihre ungleichnamigen Pole auf einer Seite abwechselnd liegen, z. B. NS NS NS. Dieses System wirkt auf eine Magnetnadel, wie ein einziger Magnet mit der Lage NS. Die Longitudinalpolarisirung besteht eben darin, daß die ungleichnamigen Pole abwechselnd neben einander nach der Länge zu liegen kommen. Unterhalb des Durchmessers ab (Fig. 35) hat also die Magnetnadel die Richtung 2; die Polaritäten über dem Durchmesser cd richten die Nadel 3, und die Polaritäten unterhalb dieses Durchmessers die Nadel 4. Eben so geben die Polaritäten über dem Durchmesser ef der Nadel 5, und die unterhalb der Nadel 6 die Richtung. Bey einem Schließungsdrathe, der ein Cylinder oder ein vierecktiges Prisma, dessen Durchmesser gegen die Länge der Nadel, auf welche er wirkt, verschwindet, gehen also die magnetischen Polaritäten scheinbar nach einer und derselben Richtung, und zwar deßwegen scheinbar, weil diese Wirkung nicht die der einzelnen Seiten eines Vielecks, sondern die Gesammtwirkung derselben ist. Daß übrigens die Pole sehr nahe an einander liegen, und doch noch einen Indifferenzpunct zwischen sich haben können, kann wol leicht begriffen werden, wenn man bedenkt, daß elektrische oder magnetische Pole Kräfte sind, die keinen Raum (?) einnehmen, und daß ein Eisenstäbchen, das noch nicht $\frac{1}{1000}$ einer Linie Länge hat, auch noch magnetisch wird, d. h. zwey Pole und einen Indifferenzpunct dazwischen erhält.

Mit dieser Darstellung stimmen nun alle Wirkungen, sowohl horizontaler, als lothrechter Schließungsdräthe auf Magnetnadeln, alle Bewegungen derselben, eben so die anziehenden und abstoßenden Wirkungen der Schließungsdräthe auf einander, die Erscheinungen des Magnetisirens von Stahlnadeln, die Vertheilung ihrer Pole, die Richtung von kreisförmigen, schraubenförmig gewundenen Schließungsdräthen durch den Erdmagnetismus sehr gut überein, wenn man nur immer die Gesammtwirkung der mit

ihren ungleichnamigen Polen an einander liegenden kleinen Magnete als eines größern, einen Durchmesser nach jeder Seite darstellenden Magnets berücksichtigt. Nach der einen Seite wirken so rund um den Schließungsdrath Nordpole, nach der entgegengesetzten Seite Südpole, ohne eine eigentliche Strömung rund um den Schließungsdrath herum zu Hülfe zu nehmen. Die Fig. 35 macht schon die Stellungen der Magnetnadel, die rund um den Schließungsdrath, sey es nun in einer lothrechten Ebene um den horizontalen, oder in einer horizontalen, rund um den lothrechten Schließungsdrath herumgeführt wird, anschaulich; man sieht hieraus, wie dieselbe mit dem einen Pole stets nach der einen, mit dem andern nach der entgegengesetzten sich bewegt und neigt. Zwey Schließungsdräthe neben einander, in welchen die elektrischen Ströme in gleicher Richtung gehen, bieten sich dann gleichsam unter den Hälften, die zunächst auf einander wirken, zwey Durchmesser mit entgegengesetzt liegenden Polen dar, die also als freundschaftliche anziehend auf einander wirken; bey entgegengesetzter Richtung der Ströme sind die einander entgegenstehenden und auf einander wirkenden Endpolaritäten der Durchmesser, die sich zugekehrt sind, gleichnamig, und stoßen sich also ab. Auch begreift man sehr wohl die Magnetisirung von Eisendrath in der Axe schraubenförmig gewundener Schließungsdräthe, weil in diesem Falle der Transversalmagnetismus in die Längendimension, oder in die Richtung der Axe des Schraubengangs fallen, folglich Magnetisirung nach der Länge erfolgen muß. Diese Magnetisirung muß der Lage der Pole nach entgegesetzt seyn, je nachdem die Windungen des Schraubengangs rechts oder links gehen, weil diese verschiedene Richtung der Windungen die Folge hat, daß entweder das + oder das entgegengesetzte — Ende des aus allen kleinen Magneten hervorgehenden Gesammt-Magnets nach derselben Richtung hingekehrt ist, wodurch

also auch eine Umkehrung der Polarität des magnetisirt werdenden Stahldrathes erfolgt, indem in dem einen Falle die Magnetisirung nach demselben Puncte hin vom Nordpole, in dem andern vom Südpole ausgeht. Die Gesetze der Magnetisirung durch platte Spiralen sind eben so leicht aus diesen Hypothesen abzuleiten.

Hr. Prechtl hat sich indessen nicht bloß begnügt, ein solches Gleichniß zwischen dem Schließungsdrathe und einem Transversalmagneten von vielfacher magnetischer Polarität in seinem Querschnitte aufzustellen, und so die Erscheinungen des Elektro-Magnetismus auf die Gesetze des gewöhnlichen Magnetismus zurückzuführen, sondern er hat diese Erscheinungen in ihrer Quelle selbst aufzufassen, diesen wunderbaren Transversalmagnetismus aus der Natur der hier wirkenden Kräfte selbst abzuleiten gesucht. Er unterscheidet in der Elektricität zwey Wirkungsarten und stellt sie einander entgegen, die chemische und die attractive, welche letztere er auch die magnetische nennt. Wo die elektrische Wirkung im chemischen Processe aufgehe, da finde keine attractive Wirkung Statt. In der Sphäre des Galvanismus, der zugleich den Magnetismus unter sich begreift, stehen an dem einen Ende gleichsam die reinen chemischen Säulen oder Ketten, solche seyen z. B. trockene Schwefelsäure, Kali und Wasser. In der Berührung dieser Substanzen werde die elektrische Tension augenblicklich in die chemische Wirkung aufgelöst, und Licht und Wärme, als die Erscheinungen des Chemismus, hervorgebracht. Die rein magnetische Kette ist der elektrisch geladene Leitungsdrath und die magnetische Säule selbst. Man könne den elektrischen Leitungsdrath als eine trockene Säule betrachten, denn in demselben sey ganz dieselbe Elektricitäts-Vertheilung vorhanden, wie in der isolirten Säule. Eine wahre trockene Säule sey daher eine magnetische, sie werde nicht nur den Magnet afficiren, sondern auch bey hinläng-

licher Intensität die tellurische Polarität zeigen*). Der magnetische Zustand des Leitungsdrathes könne keine andere Disposition haben, als sein elektrischer, weil er eigentlich dieser selbst ist. Nun ist aber die elektrische Ladung des Schließungsdrathes keine andere, als die der geschlossenen Säule selbst. In der geschlossenen Säule liegen aber die entgegengesetzten Elektricitäten gleich stark an einander, in jedem Augenblicke neutralisiren sie sich in der Wärme und im Chemismus, sind wieder in jedem Augenblicke durch die elektromotorische Wirkung des Apparats neu hervorgebracht. Diese Elektricitäten haben daher keine Spannung nach den Polen, und die Säule selbst zeigt, mit der Erde in Verbindung gesetzt, an der Peripherie ihrer Platten keine andere Elektricität, als die eines einzelnen Plattenpaares. Befindet sich nun der Schließungsdrath in demselben Zustande, so muß er aus unendlich vielen, nahe neben einander liegenden Magnetismen bestehen, deren Pole nach der Länge des Draths an einander liegen und sich wechselseitig binden, ihre Polarität aber nach dem Querschnitte des Drathes äußern. Ein Schließungsdrath, der aus mehrern Stücken besteht, zeigt zwischen diesen einzelnen Stücken Cohäsion. Alle Enden der einzelnen Stücke hängen mit einer gewissen Kraft an einander, aber es ist das eine Ende eines jeden Stückchens ein Nordpol, das andere ein Südpol. Das Nehmliche muß auch Statt finden, wenn sehr viele solche Stückchen vorhanden sind, oder mit andern Worten der Schließungsdrath hat in seinem Querschnitte sehr viele entgegengesetzte Pole an einander liegen. Die nach der Längen-Dimension des Drathes liegenden Pole sind an einander in Ruhe, und stützen sich sämmtlich auf die beyden Endpuncte

---

*) Gilb. Ann. 1821. I. S. 81.

der Säule, aber die Polaritäten der einzelnen Magnetismen treten nach dem Querschnitte des Drathes hervor. Herr Prechtl sucht auch noch das besondere Verhältniß der magnetischen Metalle mit seiner Theorie in Einklang zu bringen. Die tellurische Elektricität sey ihrem Grade nach so schwach, oder in ihrer Beschaffenheit so modificirt, daß der Magnet sie nicht leite, wovon die Ursache in der großen Cohäsion des Stahls und Eisens liegen möge. Er befinde sich also im geladenen Zustande, und äußere auf ähnlich geladenes Eisen (einen andern Magnet) attractive und repulsive Wirkungen. Herr Prechtl kann sich dieser Voraussetzung gemäß eine Säule denken, wo die Elektricität einen so schwachen Grad, oder eine so eigenthümliche Beschaffenheit habe, daß auch andere Metalle sie nicht durchleiten, sondern geladen bleiben, und zwar so, um in dem Eisen, als in dem schlechtern Leiter, Pole hervorzurufen, trockene Säulen, deren Intensität stark genug ist, um sich durch die übrigen Metalle, die weniger Widerstand leisten, als das Eisen, fortzupflanzen, das Eisen dagegen laden, und folglich eine bloß magnetische Beziehung äußern.

96. So sinnreich und consequent die Ansicht des vielpolaren Transversalmagnetismus durch Hrn. Prechtl durchgeführt worden ist, so bieten sich doch einige erhebliche Zweifel gegen dieselbe dar.

1) Insbesondere ist schlechterdings nicht abzusehen, wie die so merkwürdigen Erscheinungen der Rotation aus einem solchen, gleichsam todten und ruhenden Transversal-Magnetismus, der nur in der Richtung von Durchmessern, und also in geraden Linien wirkt, erklärt werden sollen. Nur durch Strömungen und den Widerstand in der Reaction, welche diese erleiden, kann man zu einer Construction solcher Umkreisungen gelangen. Dazu liegt aber kein Element in einem starren Transversalmagnetismus.

2) Auch die Verstärkung der Wirkungen durch den Multiplicator, scheint mir aus dieser Theorie des Transversalmagnetismus durchaus nicht begreiflich. Lassen wir die Windungen in der lothrechten Ebene beschrieben seyn, so daß die einzelnen Windungen selbst neben einander liegen, so kommen fünf Durchschnitte NS, NS u. s. w., neben einander, von denen gleichfalls nur die beyden äußersten Puncte zur Wirksamkeit kommen, so daß aus diesen fünf magnetischen Durchmessern ein Totalmagnet NS resultirt. Wie kömmt es nun, daß die Wirksamkeit dieses NS fünf Mal stärker geworden ist, da die nach innen gelegenen Pole einander binden, oder wenigstens ihre Wirkung auf die Magnetnadel wechselseitig aufheben müssen.

3) Dann scheint mir in der Art der Ableitung des Magnetismus aus der Elektricität, oder vielmehr in der Gleichsetzung der beyden Arten des Magnetismus mit den beyden Zuständen der Voltaischen Säule ein Widerspruch mit den Erscheinungen zu liegen. Der Transversalmagnetismus unterscheidet sich von dem Longitudinalmagnetismus in der That nur durch ein gleichsam außerwesentliches Verhältniß der Lage, stimmt aber mit demselben in seiner ganzen Wirkungsweise und in seinen Gesetzen vollkommen überein. Man könnte sagen, der Transversalmagnetismus ist bloß ein um einen Quadranten an einem magnetischen Körper verrückter Longitudinalmagnetismus, der im Uebrigen in seinem ganzen Verhalten unverändert bleibt. Wie total verschieden verhält sich aber die isolirte ungeschlossene Säule von der geschlossenen, welcher erstern Hrn. Prechtl zufolge Longitudinalmagnetismus zukommen soll, indem er nicht zweifelt, daß genauere Versuche dieß schon an der gemeinen Voltaischen Säule nachweisen werden, während der Transversalmagnetismus mit der geschlossene Säule, oder dem elektrischen Leitungsdrathe, übereinkomme. Wir möchten den Gegensatz der beyden Arten von Wirkungen der geschlos-

senen und ungeschlossenen Säule, den zwischen Druck und Stoß, todten und lebendigen Kräften nennen, der mit jener Verschiedenheit des Longitudinal- und Transversalmagnetismus gar nicht gleich zu setzen ist. Eben so wenig können wir einen andern von Hrn. Prechtl angenommenen Gegensatz in der Elektricität, der chemischen und attractiven, zugeben, wenigstens nicht in dem Sinne von Hrn. Prechtl, wenn er nehmlich die chemische Wirkung der Elektricität, da, wo sie aufhört, attractiv zu wirken, in Wärme- und Lichterzeugung setzt; denn gerade da, wo die Erhitzung durch die Ausgleichung der Elektricitäten am stärksten wird, tritt der Magnetismus am kräftigsten hervor. Der durch den elektrischen Strom eines sogenannten Calorimotors aufs heftigste glühend gemachte Platinadrath ist zugleich der kräftigste Magnet.

4) Wenn Hr. Prechtl den gewöhnlichen Magneten einen durch die tellurische Elektricität geladenen Nichtleiter nennt, für welche Elektricität alle Körper, außer Eisen und den übrigen magnetischen Metallen, Leiter seyen, wenn er hinzufügt, daß für die schwache Elektricität der Voltaischen Säule auch solche Leiter ladungsfähig seyen, in den Zustand von Nichtleitern treten, welche es für die tellurische Elektricität nicht mehr sind: so muß man unter dieser tellurischen Elektricität entweder etwas ganz Anderes verstehen, als was wir gewöhnlich Elektricität nennen, und dann scheidet sich der Magnetismus als eine eigene Potenz von der Elektricität, oder man begreift nicht, warum die Isolatoren für gewöhnliche Elektricität sich nicht noch viel stärker, als das Eisen, Nickel, mit dieser tellurischen Elektricität laden, warum sie nicht die stärksten Magnete werden.

5) Endlich liegt in der Theorie des Transversalmagnetismus ohne eine viel genauere Entwicklung, als sie bis jetzt erhalten hat, keine Andeutung, um jene so merkwürdige Verschiedenheit in der Wirkung des Schließungsdra-

thes auf die verschiedenen Puncte einer und derselben Hälfte einer Magnetnadel, und insbesondere auch die unter 93. erzählten Erscheinungen darnach begreifen zu können.

XVI.

Theorieen, welche Elektricität und Magnetismus als verschiedene Kräfte ansehen, und erstere als bloßes Erregungsmittel des Magnetismus in den elektro-magnetischen Versuchen betrachten.

97. Eine zweyte Classe von Physikern hält durch die bisherigen Erfahrungen die Identität der Elektricität und des Magnetismus noch keineswegs für erwiesen, sieht vielmehr die Elektricität als ein bloßes Erregungsmittel des Magnetismus an, dem sie nach wie vor als einer nach eigenthümlichen Gesetzen wirkenden Kraft seine bisherige Stelle vindiciren. Diese Physiker haben sich vorzüglich nur bemüht, die Gesetze der besondern Wirkungsform des Magnetismus als Elektro-Magnetismus genauer zu bestimmen.

D. Seebecks und Pohls Ansicht von einem den Schließungsdrath umkreisenden Magnetismus.

98. Seebeck hat sich in seiner oben angeführten, so inhaltsreichen Abhandlung an mehreren Stellen entschieden gegen die Identität beyder Kräfte erklärt. Als Hauptargument führt er an*): In der trockenen Säule findet bey

*) S. 308. 309.

der Schließung eben sowohl eine ununterbrochene Erregung und Aufhebung der elektrischen Spannung Statt, als in einfachen Galvanischen Ketten; da nun aber die magnetische Spannung dabey gänzlich fehlen kann, und da sie in andern Fällen abnimmt, wenn die elektrische zunimmt, indem das einfache Plattenpaar sich wirksamer in Erregung des Magnetismus zeigt, als jede Art von Säule oder Vielfaches von Plattenpaaren: so kann die Aufhebung von + und — E in einem metallischen Leiter nicht als die wesentlichste Bedingung der Erregung des Magnetismus in demselben angesehen werden. Diesen Grund unterstützt nun noch Seebeck durch einen vom Verhalten der gemeinen Elektricität in Erregung des Magnetismus (XIII. 84) hergenommenen. Aus den Versuchen hierüber folge ganz klar, daß nicht die Aufhebung von + und — allein, sondern die durch dieselbe bewirkte Veränderung im innern Zustande der Körper die Ursache ihres Magnetismus sey. S. 334. „Nur wenn wir jene innern Veränderungen in den Metallen, welche sich durch Erwärmung, Schmelzung, Verdampfung offenbaren, erregen, entsteht Magnetismus, nicht durch die bloße Ausgleichung von + und — E, sonst müßte auch ohne elektrischen Funken durch bloße stille Entladung der Magnetismus erregt werden." Ohne Zweifel haben diese Betrachtungen Herrn Seebeck auf seine schöne Entdeckung des Thermomagnetismus geleitet.

Seebecks Vorstellungsart über die Wirkungsform des Magnetismus im Schließungsdrathe ist im Grunde dieselbe mit der von Prechtl, nur gleichsam lebendiger. Sie ist in folgender Stelle am bestimmtesten ausgedrückt: „Es gibt also am ganzen schließenden Drathe nirgends feste Pole, oder einzelne Stellen, an welchen entweder + M oder — M im Uebergewicht vorhanden wäre, nirgends einen feststehenden magnetischen Kern. Ein polarer magnetischer Gegensatz zweyer entgegengesetzter Puncte am Schließungsdrathe,

oder in dessen Atmosphäre, ist also nur dadurch begründet, daß die Richtung des durch die Action der Säule erregten Magnetismus entgegengesetzt ist, daß + M nach der einen Seite; — M nach der entgegengesetzten Seite gerichtet ist. Jeder Punct in der cylindrischen magnetischen Atmosphäre, welche den Stab erfüllt und umgibt, ist + M und — M (nord- und südpolar) zugleich, nach der einen Seite zu +, nach der andern —, so daß also auch alle von der Axe des Stabs ausgehende Radien in der senkrecht auf den Längendurchmesser des schließenden Draths stehenden Ebene, nach der einen Seite zu als + M, nach der andern als — M anzusehen sind, und zwar in gleichförmig wechselnder Folge, indem das + M des einen Radius dem — M des andern zugekehrt ist." Man sieht leicht ein, daß diese ganze Darstellung nur ein veränderter Ausdruck der Theorie des Transversalmagnetismus des Querschnitts des Schließungsdrathes von unendlich vielen Polen ist; denn was bey Hrn. Seebeck die an einander gränzenden polaren Richtungen am Ende eines jeden Radius sind, das sind dort die an einander gränzenden ungleichnamigen Pole der unzählig vielen die Peripherie bildenden kleinen Magnete. Man könnte sie nach der Abänderung, die sie in Seebecks Darstellung gewonnen, die Circular-Polarität nennen.

In einem Nachtrage zu seinem ersten Aufsatze hat Hr. Seebeck vorzüglich das wahre Wesen des gewöhnlichen Magnets, verglichen mit einem magnetisch gewordenen Leitungsdrathe, klar zu machen gesucht, deren Verschiedenheit er nicht sowohl in den Unterschied von Transversal- und Longitudinalmagnetismus, als vielmehr in die Getrenntheit und das Zusammenfallen oder Ineinandergreifen der magnetischen Ströme setzt. „Der Magnetismus im Eisen und Stahl, sagt der Verfasser, unterscheidet sich also darin vom Magnetismus in der Galvanischen Kette, daß die den diametral einander gegenüber liegenden Puncten des Stahl-

magnets zugehörenden innern Theile der magnetischen Atmosphäre in einander greifen, und in dem Metall so innig verbunden sind, daß sie auf keine Weise von einander getrennt werden können, indem die Axe der ganzen den Stab erfüllenden und umgebenden magnetischen Atmosphäre als ein mitten zwischen den Polen an der Oberfläche des massiven cylindrischen Magnetstabs liegender Kreis angenommen werden muß. In der Galvanischen Kette dagegen können nicht nur die einander diametral gegenüber liegenden Theile der einfachen magnetischen Atmosphäre der Leiter bis zu jedem beliebigen Abstande von einander entfernt werden, wodurch sie um so vollkommener in dieser, vor der Entdeckung Oersteds gänzlich unbekannten, einfachen Form hervortreten, sondern es wird sogar aller Magnetismus der Galvanischen Kette aufgehoben, wenn die einander diametral entgegengesetzten Theile der magnetischen Atmosphäre bey völliger Berührung der Metalle auf gleiche Art in einander greifen, als in dem Stahlmagneten."

Herr Seebeck scheint somit die Idee von einer Verschiedenheit des Schließungsdrathes von einem gewöhnlichen Magneten, oder eines Transversal- von einem Longitudinalmagneten, entfernt zu halten. Dieß erhellt noch mehr aus folgender Stelle: „Der Magnetismus ist im Stahl nach demselben Gesetze vertheilt, wie in der geschlossenen Galvanischen Kette (nehmlich in dem vom + Metall zum — Metall bogenförmig zurückgehenden Leitungsdrathe, wenn man auf beyde Schenkel zugleich Rücksicht nimmt), d. h. + M (südlicher Magnet) und — M (nördlicher Magnet) haben im Innern des Stahlstabs eine entgegengesetzte Richtung von + und — M an der äußern Oberfläche. Die Declination der Magnetnadel innerhalb des Magnetstabs würde der Declination unterhalb und oberhalb desselben entgegengesetzt seyn, wenn die im Innern desselben

den verbundenen Theile der einfachen magnetischen Atmosphäre des Magnetstabs eben so von einander getrennt werden könnten, wie sie es in der einfachen Galvanischen Kette sind. Dieß ist aber nicht der Fall; denn wie viel auch von der innern Masse des Magnetstabs hinweg genommen würde, immer bleibt + M und — M in dem übrigen Theile eben so verbunden, wie sie es in der ganzen Masse waren." Dieß beweist Herr Seebeck durch einen Versuch mit einem hohlen Cylinder von Stahl, in dem man auf verschiedene Weise Longitudinalmagnetismus erregen kann, indem man z. B. durch denselben einen ihn in allen Puncten berührenden cylindrischen Magneten zieht. Die Wirkung eines solchen hohlen magnetischen Cylinders auf die Declinationsnadel ist keineswegs der einer solchen bogenförmigen Galvanischen Kette gleich, denn die Declination im Innern des Cylinders ist derjenigen an der äußern Oberfläche vollkommen gleich. Diesen Versuch hat auch Faraday mit demselben Erfolge angestellt*).

99. Mir scheint in der ganzen Darstellung des Herrn Seebeck etwas Unbestimmtes und Schwankendes zu seyn. So lange er das Bild eines den ganzen Leitungsdrath umkreisenden Magneten festhält, wo jeder Punct nord- und südpolar zugleich, nur nach entgegengesetzten Richtungen ist, welche Seiten oder Richtungen als Rechts und Links in Hinsicht auf die Richtung des elektrischen (positiven) Stromes an eine unwandelbare Regel geknüpft sind; indem nehmlich der südliche Magnetismus links von diesem Strome fällt, ist Alles einfach, und die Erscheinungen folgen unmittelbar aus diesem Grundgesetze; sobald aber Herr Seebeck diesen Transversalmagnetismus (denn ein solcher ist er in der That nach dieser Auffassung) aufgibt,

---

*) Gilb. Ann. 1822. II. S. 167.

und in Folge der Vergleichung mit dem gewöhnlichen Längenmagneten gleichsam einen Längenmagnetismus an seine Stelle setzt, wird die Uebersicht schwieriger. Nach dieser letztern Vergleichung kömmt der Verfasser zu der Folgerung, daß eine frey schwebende einfache Galvanische Kette sich nur dann nach den Endpolen richten könne, wenn der Magnetismus in einem Theile des den Kreis bildenden Leiters stärker sey, als in den übrigen Theilen. Aus den Versuchen Ampère's, La Rive's, die mitgetheilt worden sind, erhellt aber deutlich, daß diese Bedingung durchaus nicht erforderlich sey. Wenn übrigens Herr Seebeck die Elektricität als ein bloßes Erregungsmittel des Magnetismus durch eine durch sie bewirkte Veränderung des innern Zustandes der Metalle betrachtet, und die bloße Ausgleichung des + und — E an sich nicht als die wesentliche Bedingung ansieht: so läßt sich dagegen wenigstens noch erwiedern, daß zwar allerdings nicht jede Art von Ausgleichung dazu hinreiche, so wenig, als jede Art von Schwingung einen Schall hervorbringt, ohngeachtet doch Schwingungen allein es sind, die den Schall erzeugen, und so wenig auch jede Anhäufung von Wärme als Licht erscheint, sondern dieses nur bey einem gewissen Grade dieser Anhäufung hervorbricht. Ein bestimmtes Quantum von Ausgleichung in Beziehung auf den Raum, in welchem, und die Zeit, in welcher sie vorgeht, würde dann nothwendig seyn, um unter der neuen Wirkungsform von Magnetismus aufzutreten, weßwegen denn der schwache elektrische Strom einer trockenen, sogenannten Zambonischen Säule, oder einer, durch bloße Halbleiter oder Spitzen sich verhältnißmäßig langsam entladenden Batterie, dazu nicht hinreicht. Daß aber die magnetische Eigenschaft dem elektrischen Strome selbst, als solchem, zukomme, und nicht den Leitern, in welchen erst eine innere Veränderung vorangehen soll, dafür scheint der oben VIII. 52. angeführte Versuch zu spre-

chen. Immer bleibt es ein vorzügliches Verdienst Herrn Seebecks, durch viele genaue Versuche die Vertheilung der magnetischen Thätigkeit in Leitern von verschiedener Ausdehnung nach Länge, Breite, Dicke durch sorgfältige Versuche genau bestimmt, und dadurch auch die Mittel der Prüfung jeder Theorie, besonders aber jeder Fundamentalgleichung vermehrt zu haben.

100. Herr Professor Pohl in Berlin hat die Theorie des Transversalmagnetismus in dem Sinne des Hrn. Seebeck aufgefaßt und dargestellt *). Die Hauptidee seines zur Zeit seiner Erscheinung, durch seine die Sache versinnlichenden, figürlichen Darstellungen, lehrreichen Aufsatzes ist gleichfalls, daß eine, im Schließungsdrathe durchgehends gleichmäßige Vertheilung bey den magnetischen Thätigkeiten gesetzt werden müsse, nach welcher jeder einzelne Punct mit derselben Intensität, wie alle übrigen, die nördliche und südliche, nur durch die bestimmte Richtung verschiedene Thätigkeit auszusprechen genöthigt sey. Jede Querzone des Schließungsdrathes sey eine in sich zurücklaufende Magnetnadel. Er sucht alle besondern Verhältnisse durch bildliche Darstellungen zu erläutern, wo die magnetischen, rechts und links gerichteten Ströme durch Kreise von Pfeilen, womit die Schließungsdräthe umgeben sind, welche ihre Spitzen sämmtlich nach der einen, ihre Enden nach der entgegengesetzten Seite zugekehrt haben, dargestellt sind. Man sieht leicht ein, daß der oben beschriebene Anzeiger Oersteds dasselbe leistet, und daß in gewisser Hinsicht die von Herrn Pohl angenommenen Strömungen mit den Spiralen des Herrn Oersted, deren Weiten gleichsam verschwindend sind, zusammenfallen. Ueber das Verhältniß der Elektricität und des Magnetismus drückt sich Hr. Pohl

---

*) Gilb. Ann. 1822. II. 47.

in einem spätern Aufsatze*) so aus: „Elektricität und Mag„netismus werden in ihrer Besonderheit und für den ent„schiedenen Standpunct unserer Physik jeder Zeit als zwey „durchaus verschiedene Erscheinungen betrachtet werden „müssen. Das mathematisch entgegengesetzte + X und „— X ist als ein absoluter Gegensatz = 0; jeder physische „Gegensatz aber muß als solcher, außer den Momenten des „Gegensatzes, noch andere Bestimmungs-Elemente enthal„ten, die, statt daß die Vereinigung der beyden Seiten „zu 0 werden sollte, hier vielmehr als ein reelles Etwas um „so bestimmender hervortreten können. Wenn Oxygen und „Hydrogen, wenn Säure und Alkali bey der gegenseitigen „Indifferenzirung ein Aggregat geben, das für die Erschei„nung keineswegs = 0, und daher von jedem der Aggre„ganden wesentlich verschieden ist: so ist es ganz in der „Ordnung, daß auch + E und — E, mögen sie im Sinne „der Dualisten oder der Unitarier, mögen sie selbst als mate„rielle Substrate oder nur als Zustände und Thätigkeiten „der Materie betrachtet werden, bey der Aufhebung des „Gegensatzes, den sie in jedem Falle bilden, gleichfalls ein „reelles von + E und — E verschiedenes Product geben „müssen. Daß aber der Magnetismus dieses Indifferenzi„rungs-Product sey, ist die einfach-große offenbarte That„sache der Oerstedischen Entdeckung. Die Folgerung, daß „sonach jedes 0 E mit vorhandenem M. verbunden seyn „müsse, gilt nur, wenn das E als etwas Materielles gesetzt „wird; aber auch selbst, wenn man dieses unter einer an„dern Betrachtungsweise zugibt, so sind in der That wohl „die frühern bekannten Beobachtungen von Coulomb und „die neuen Hansteinschen Entdeckungen geeignet, die Thesis „in dieser Beziehung viel eher zu bestätigen, als jene Fol„gerung sie zu entkräften vermöchte.

*) Gilb. Ann. 1823. I. 257.

E. v. Althauß's, Berzelius's und Muncke's Theorie eines tetrapolaren Transversal-Magnetismus.

101. Bey der Ableitung der Erscheinungen des Schließungsdrathes aus den Gesetzen des Transversalmagnetismus mußte man sehr bald wahrnehmen, daß ein einfacher, sogenannter bipolarer Transversal-Magnetismus durchaus nicht hinreiche, so wenig die Bewegungen der Azimuthal- als der Inclinationsnadel begreiflich zu machen. Dagegen stimmte die Annahme eines tetrapolaren Transversalmagnetismus dem ersten Anscheine nach mit den Phänomenen besser zusammen, und wirklich huldigten ausgezeichnete Physiker eine Zeitlang derselben. Berzelius und v. Althauß scheinen unabhängig von einander auf dieses Gleichsetzen des Leitungsdrathes mit einem tetrapolaren Transversalmagneten geleitet worden zu seyn; diese Hypothese ist aber besonders vom Prof. Muncke in Heidelberg ausgebildet und durch Combination mit einem neuen Gesetze des Magnetismus, das dieser scharfsinnige Physiker bey dieser Gelegenheit entdeckt zu haben glaubte, sind einige Schwierigkeiten, die dieser Theorie im Wege standen, glücklich gehoben, und einige Anomalieen unter die Regel gebracht worden. Wir sind daher von dieser Ansicht, wenn sie auch gleich von ihrem Erfinder nun schon aufgegeben seyn möchte, der Vollständigkeit der historischen Darstellung wegen eine kurze Rechenschaft schuldig.

Der erste Hauptgrundsatz nach Hrn. Prof. Muncke*) zur Erklärung aller elektro-magnetischen Erscheinungen ist: „Wenn man den vom Zinkpole (der Säule; denn wenn man diese Benennungen auf die Metalle der einfachen Galvanischen Kette bezieht, so erhalten die Pole in der Ansicht

---

*) Gilb. Annalen 1822. I. 141.

des Hrn. Muncke gerade die entgegengesetzte Lage, wie die gleich anzugebende, worin mir auch in den dem ersten Aufsatze des Hrn. Muncke beygefügten Zeichnungen eine Verwechslung vorgegangen zu seyn scheint,) zum Kupferpole hinlaufenden horizontalen Drath, in welcher Richtung der Weltgegend derselbe sich auch befinden möge, verfolgt, so hat derselbe in jedem Querschnitte seine Axe vier um 90° von einander abstehende Pole, und zwar unten links und oben rechts Südpole, unten rechts und oben links Nordpole, durch deren Aneinanderliegen in der ganzen Länge des Draths zwey Paare gleichnamiger polarer und einander diametral entgegenstehender Linien gebildet werden, welche von zwey durch die Axe des Draths gelegten Ebenen einer horizontalen und einer verticalen um 45° abstehen. Dieses constant polare Verhältniß behält der Drath hinsichtlich auf sich selbst, aller Störungen und Windungen ungeachtet, stets bey, und dieses muß also, sobald er in die horizontale Lage wieder kömmt, rücksichtlich des Beobachters wieder eintreten. Stellt man sich daher den vom Beobachter abwärts laufenden Drath aus der horizontalen Lage in die lothrechte aufwärts gebogen vor, so ist an der dem Beobachter zugekehrten Seite rechts Südpol, links Nordpol; wird er aber von oben herabwärts gebogen, so ist, alles Uebrige wie vorhin angenommen, die Lage der Pole umgekehrt. Das zweyte Hauptgesetz ist: Wenn ein combinirter Magnet, dessen beyde freundschaftliche Pole neben einander liegen, auf den Pol einer Magnetnadel wirkt, indem diese gerade gegenüber oder seitwärts steht: so bewegt sich der Pol der Magnetnadel nach dem gleichnamigen des combinirten Magnets hin, dann an dem ungleichnamigen freundschaftlichen vorbey, und oscillirt nach dieser Seite hin in weitern Abständen, als er durch einen einzelnen feindlichen Pol abgestoßen wird.

In einem zweyten Aufsatze*) entwickelt Muncke die Folgerungen aus dem vermeintlich neu entdeckten Naturgesetze; unter andern leitet er daraus ein magnetisches perpetuum mobile durch combinirte Magnetpole ab, daß er in einem Versuche einigermaßen nachgewiesen hat, und macht selbst Anwendungen auf Erklärung der Bewegungen der himmlischen Körper, als durch magnetische Einflüsse bestimmt. Demnächst suchte er auch die Lage seiner hypothetischen polaren Linien oder magnetischen Axen in breiten Zinkstreifen durch Versuche zu bestimmen: endlich enthält sein dritter Aufsatz eine Vertheidigung gegen Einwürfe, die seiner hypothetischen Erklärung entgegengesetzt werden möchten. Außer den Versuchen, durch welche Muncke auf sein zweytes Gesetz geleitet wurde, sind ihm eigenthümlich sehr delicate Versuche über die Art der Einwirkung eines horizontalen Leitungsdrathes auf feine magnetisirte Stahlnadeln, welche er von oben herab senkrecht an dem Schließungsdrathe herabführte. Hierbey mußten nun die etwas sonderbaren Uebergänge von Anziehungen in Abstoßungen, oder umgekehrt, eintreten, so wie die Nadel mit ihrer Spitze sich dem Drathe näherte und dann allmählig tiefer heruntergelassen, auch die mehr nach der Mitte zu gelegenen Puncte die Einwirkung des Draths erfuhren (vergl. vorzüglich VI. 32.), wodurch denn Hr. Muncke allmählig auf seine Erklärung geleitet wurde. Indessen kann sie auf keine Weise bestehen, und zwar nicht nach ihrem ersten Grundgesetze, da dasselbe

a) in geradem Widerspruche ist mit den so entscheidenden Versuchen Seebecks über die Magnetisirung von Nadeln, die man der Quere nach an einem Schließungsdrathe hinführt, und die, nach der einen Richtung hingeführt, von jedem Puncte aus mit derselben, in der andern Rich-

*) Gilb. Ann. 1822. II. S. 20.

tung hingeführt, gleichfalls mit einerley aber entgegengesetzter Polarität an dem zuletzt in Berührung gewesenen Ende abgezogen werden. Existirten vier solche magnetische Axen, so müßten, in welcher Richtung die Nadeln herum geführt werden, das abgezogene Ende zwey Mal abwechselnd nordpolar und südpolar seyn.

b) eben so gänzlich im Widerspruche mit den Versuchen (VI. 28—32.), durch welche außer allen Zweifel gesetzt ist, daß ein lothrechter Schließungsdrath in allen Puncten seiner Peripherie ganz gleichförmig auf die Magnetnadel wirke. Noch neuerlich ist ein entscheidender Versuch von Oersted über dieses gleichförmige Verhalten des Schließungsdrathes in allen Puncten seines Umkreises auf denselben Punct der Magnetnadel in Gilberts Annalen*) mitgetheilt worden, indem Hr. Oersted durch eine einfache Vorrichtung einen lothrechten Schließungsdrath um seine eigene Axe drehte, und dadurch nach und nach alle Puncte in dem Umfange desselben senkrechten Querschnittes in die gleiche Lage gegen die Magnetnadel brachte. Herr Raschig hat künstlich einen solchen Querschnitt des Schließungsdrathes nach Munckes Ansicht durch zwey kleine Stahlmagnete, die er durch einen Kork steckte, nachgemacht, und das Verhalten desselben mit dem des Schließungsdrathes gegen empfindliche Magnetnadeln verglichen. Es zeigte sich zwar hierbey große Uebereinstimmung in der Richtung, wenn er den Querschnitt des horizontalen Leitungsdrathes vorstellte, aber gänzliche Abweichung, als er in einer Richtung, übereinstimmend mit einem Querschnitte des lothrechten Leitungsdrathes wirkte.

c) Wollte man auch nur die Inclinations- und Declinations-Veränderungen, welche ein horizontaler Leitungsdrath an einer Magnetnadel hervorruft, genügend erklären,

---

*) 1823. I. 278.

so müßte man an dem Umkreise desselben, statt vier, wenigstens acht Pole annehmen, wie schon Hr. Seebeck erinnert hat, nehmlich zwey in entgegengesetzter Richtung der Quere nach gelegene Magnete in der horizontalen Ebene, einen oberhalb, den andern unterhalb, und eben so zwey entgegengesetzt gelegene in der verticalen Ebene, auf jeder Seite einen, welche in Beziehung auf einander so gelagert wären, daß die horizontalen und verticalen Magnete mit ihren freundschaftlichen Polen einander zugekehrt wären. Was das zweyte Grundgesetz in der Theorie des Hrn. Prof. Muncke über die Wirkung eines combinirten Magnets auf eine Magnetnadel betrifft: so haben so wenig ich, als andere Physiker mit der Aussage des Hrn. Muncke ganz übereinstimmende Resultate erhalten können. Herr Prof. Kries namentlich, der jene Versuche Munckes einer Prüfung unterwarf, macht vorzüglich auf den Einfluß aufmerksam, welchen die verschiedene Stärke der Pole des combinirten Magnets auf die Erscheinungen hat. „Sind die magnetischen Kräfte der Stäbe nicht gleich stark, und wie schwierig möchte die Prüfung seyn, daß die Magnete gleich stark sind: so werden auch die Versuche anders ausfallen, und ich muß gestehen, daß es mir nicht so, wie Herrn Muncke, damit hat gelingen wollen, ob ich gleich mehrere zusammengehörige, dem Anscheine nach gleich starke Stäbe versucht habe. In dem einen Falle nehmlich, wenn ich von den beyden verbundenen Polen den Nordpol gegen den Nordpol der Nadel kehrte, näherte sich diese, machte ihre Schwingungen unter den verbundenen Stäben weg, kehrte aber gleich wieder zurück und hing sich an den Südpol an. Dieser wirkte also keineswegs abstoßend auf den Nordpol. Kehrte ich hierauf den Stab um, und brachte die andern beyden Pole gegenüber, doch so, daß wieder der Nordpol der Stäbe gegen den Nordpol der Nadel gekehrt war: so erfolgte keine Annäherung, sondern die Nadel entfernte sich

von den combinirten Magneten, und wurde also abgestoßen. Hier scheint im ersten Falle die Kraft des Südpols stärker, als die Kraft des mit ihm verbundenen Nordpols gewesen zu seyn, jene wirkte also mit ihrem Ueberschusse über diese, den Nordpol der Nadel anziehend. Im zweyten Falle war es umgekehrt. Die Kraft des Nordpols war die stärkere, sie wurde also durch den mit ihr verbundenen Südpol nicht ganz gehemmt, und konnte mit ihrem Ueberschusse über die Kraft dieses den Nordpol der Nadel zurückstoßen. Brachte ich die verbundenen Stäbe so viel als möglich senkrecht über den Nordpol der Nadel, so wich dieser immer nach der Seite hin, auf welcher der Südpol war, bewegte sich zwar unter denselben hin, kehrte dann aber schnell zurück, und hing sich an ihn an, oder blieb unter ihm stehen*)." Ganz ähnliche Resultate habe ich gleichfalls in mehreren Versuchen gehabt, so daß demnach dieses zweyte Grundgesetz wenigstens sehr problematisch ist.

F. Ermanns Theorie des diagonaloiden Magnetismus**).

203. Der scharfsinnige Ermann hat zu einer Zeit, da noch viele elektro-magnetische Erscheinungen unbekannt waren, für die damals bekannten und von ihm zu einem nicht geringen Theile zuerst entdeckten (s. den experimentalen Theil an m. O.) ein Gleichniß gewählt, das wenig Eingang haben konnte, weil es zu künstlich erscheint, und in der Wirkungsart anderer Kräfte keine Analogie für sich hat. Die erste oberflächliche Ansicht, bemerkt Hr. Ermann, führe

---

*) Gilb. Ann. 1822. II.

**) Durch ein Versehen hat Herrn Ermanns Theorie hier erst ihren Platz gefunden, da sie in die erste Classe gehört, und also auf Prechtls Theorie folgen sollte.

zum Behuf einer Erklärung auf einen einfachen bipolaren Transversalmagnetismus, wo jede der Ordinaten gleich viel +M und —M hat. Da aber mehrere Gegensätze, namentlich in den Bewegungen der Inclinationsnadel, daraus nicht erklärlich sind, so wurde Ermann besonders mit Rücksicht auf die Quelle, aus welcher dieser Magnetismus hervorgeht, und deren Gepräge er an sich tragen muß, auf den sogenannten diagonaloiden Transversalmagnetismus geleitet. Fig. 38 stellt im Wesentlichen diese Modification der transversalen Polarisation dar. In AB überall +M, in ED überall — M, aber die Gränze, welche die Nullpuncte aller transversalen Elemente enthält, bildet eine Linie, die die Richtung der Axe schneidet, aber doch nicht die Diagonale selbst des Parallelogramms der Fläche ist, und die man die Diagonaloide nennen könnte. Der Sinn der Construction in Fig. 38 ist, daß in AC die transversale Polarisation der Ordinate die Strecke eC negativ hat, die Strecke eA positiv, in BD ist es umgekehrt, die größere Strecke Bf ist positiv, die kürzere fD negativ. Diese reciproc ungleichförmige Vertheilung läuft fort längs dem ganzen Stabe; so wie man sich von BD, dem vorwaltenden positiven Pole, entfernt, nimmt in jeder folgenden Ordinate die positive Thätigkeit an Ausbreitung ab und die negative zu, bis zum entgegengesetzten Ende AC, wo wir das Maximum des Negativen mit dem Minimum des Positiven finden. Aus einem solchen diagonaloiden Magnetismus lassen sich bey gehöriger Bestimmung des Durchschnittes des Leitungsdrathes, welcher, um den Erscheinungen zu genügen, nur in einem bestimmten Sinne angenommen werden kann, die Declinations- und Inclinationsveränderungen sehr wohl ableiten. Hr. Ermann geht noch weiter, er sucht aus der Art, wie man sich die elektrischen Thätigkeiten am Schließungsdrathe vorzustellen hat, nachzuweisen, daß kein anderer, als ein solcher diagonaloider Magnetismus erzeugt werden

könne. Aus den subtilen Erörterungen, in welche sich Hr. Ermann bey dieser Gelegenheit einläßt, und in Rücksicht auf welche wir unsere Leser auf die kleine so gehaltreiche Schrift selbst verweisen müssen, heben wir nur folgende Stelle aus, weil sie einigermaßen die Ansicht des Verf. über den Zusammenhang des Magnetismus mit der Elektricität ausspricht: „So lange der Conflict beyder (elektrischer) Thätigkeiten (in der geschlossenen Galvanischen Kette) dauert, muß nothwendig der gemeinschaftliche Leiter und Vermittler derselben auf irgend eine Weise Theil daran nehmen. Weil wir aber an seiner Längendimension, wo man ausschließlich suchte, den elektrisch-polaren Gegensatz nicht mehr nachweisen konnte, sagte man damals, sein Zustand sey alsdann Null E, ohne doch begreifen zu können, wie 0 E am Leiter seyn könne, gerade während der ungestümste Gegensatz beyder Thätigkeiten durch ihn und an ihm bedingt wurde. Oersted hat uns den Staar gestochen, er hat gezeigt, wie viel daran fehle, daß der schließende Metallleiter 0 E sey; er hat gezeigt, daß an jedem Puncte seiner Longitudinaldimension der ganze Gegensatz da ist, und zwar mit einer Spannung, die zu erwarten ist, wenn zwey so nah gerückte und so kräftig sich anziehende Thätigkeiten doch unaufhörlich getrennt bleiben müssen; daß O. von der Magnetnadel ablas, was uns noch kein Elektrometer angegeben hat, es sey, weil wir es nicht gehörig befragt haben, oder vielleicht, weil es dieses nicht mehr angeben kann, daß ihm vorbehalten war, zuerst die Umwandlung der Elektricität in ein X oder in den Magnetismus selbst zu erblicken, ist nebenbey ein ganz überschwenglicher Glückswurf.“

Allerdings ist ein solches todtes Null, was man als Resultat der Ausgleichung beyder Elektricitäten gewöhnlich annahm, allen Analogieen entgegen; — daß aber die Elektricitäten im Schließungsdrathe mit Spannung versehen

und gleichsam in einem continuirlichen Gegensatze begriffen gedacht werden sollen, scheint mit den sonst angenommenen Gesetzen der Wirkungsweise der Elektricität im strengen Wortsinne nicht vereinbar; denn wir sehen wenigstens in allen unsern übrigen Versuchen das, was wir elektrische Spannung nennen und was uns durch den Elektrometer angezeigt wird, in dem Verhältnisse abnehmen, in welchem die entgegengesetzten Elektricitäten näher rücken; wir sehen in den Erscheinungen des Elektrophors, wo die Gegensätze bis zur völligen Berührung gelangen, diese völlig latent und spannungslos werden; in diesem Sinne und in Beziehung auf ein + und — E müssen wir also, unsers Bedünkens, den elektrischen Zustand des Schließungsdrathes als ohne Spannung, als null elektrisch, annehmen, und können auf keinen Fall durch irgend einen gewöhnlichen Elektrometer eine Anzeige erwarten; ob aber in Folge dieser Ausgleichung irgend eine andere Art von Polarität auftreten werde, oder ein Neutrales, Homogenes an Wärme, Licht, das war aus der bloßen Theorie nicht wohl voraus zu bestimmen. Uebrigens bedarf wohl die Hypothese des Hrn. Ermanns keiner genauern Prüfung, da sie ohne Zweifel von dem Verfasser selbst längst aufgegeben ist. Die ihren Transversalmagnetismus in ganz gleichen Hälften, deren Gränze mit der Axe zusammenfällt, vertheilt habenden cylindrischen Stahlstangen, welche, wie wir gleich lesen werden, Herr Schmidt durch Elektricität darstellte, machen die hypothetisch angenommene diagonaloide Vertheilung schon allein sehr unwahrscheinlich; denn auch hier sollte ja der Magnetismus das Gepräge der Quelle haben, aus welcher er geflossen ist. Oder würde Hr. Ermann in diesem Falle die Elektricität etwa bloß als erschütternde Potenz betrachten? Doch der Leitungsdrath zeigt uns in allen seinen Verhältnissen eine so strenge Theilbarkeit in zwey Hälften durch eine Ebene, welche durch seine Axe gelegt ist,

daß wir die Spur einer solchen diagonaloiden Theilung nirgends finden können.

G. Schmidts Theorie des bipolaren Transversal-Magnetismus.

Herr Prof. Schmidt in Gießen sieht den einfachen bipolaren Transversalmagnetismus als ein zureichendes Erklärungsprincip für die mannichfaltigen elektro-magnetischen Erscheinungen an und diesen Transversalmagnetismus selbst in keinem andern Zusammenhange mit der Elektricität, als demjenigen, durch sie erregt zu werden. In einem Aufsatze: „Einige elektrisch-magnetische Versuche*)“, gab er die erste Notiz von seiner Ansicht; ausführlicher entwickelte er die Gesetze des Transversalmagnetismus in einem Aufsatze: „Gesetze der Anziehung eines Galvanisch-elektrischen Stromes**), und ein dritter Aufsatz enthält die besondere Anwendung dieser Gesetze auf die Erklärung einiger der wichtigsten Erscheinungen des Elektromagnetismus***). Auf eine sehr einfache Weise lehrte uns Herr Schmidt den einfachen bipolaren Transversalmagnetismus in einem nach Prechtls Anweisung (s. o.) um einen Glascylinder gewundenen Drathgewebe von Stahldrath, dessen Windungen sich ganz genau berühren, erregen. Er spannt nehmlich über das Tischchen des Henleyischen Ausladers eine Claviersaite von der dünnsten Art, bringt darüber Wachstaffet und auf diesen jenes Drathgewebe, und entladet eine Leidner Flasche durch die Claviersaite. Die Linie des Drathgewebes, unter welcher die Claviersaite hingeht, und unter welcher also die Ausgleichung der beyden Elektricitäten Statt gefunden hat, ist

*) Gilb. Annalen. 1822. I. S. 229.

**) Eben daselbst II. S. 387.

***) Eben daselbst III. S. 1.

eine Linie magnetischer Indifferenz; eben so die ihr diametral gegenüber stehende, die links und rechts gelegenen Hälften des Drathcylinders sind magnetisch, und zwar liegt die nordpolare Hälfte links von der Richtung, in welcher der positive Strom der Flasche sich bewegt hat, die südpolare Hälfte also rechts. Es versteht sich daher von selbst, daß, wenn bey unveränderter Lage aller übrigen Dinge der positive Strom das eine Mal an dem einen, das andere Mal an dem entgegengesetzten Ende des Drathgewebes eindringt, die nordpolare Hälfte, um jenem Links zu entsprechen, ihre Lage im zweyten Falle entgegengesetzt hat von derjenigen im ersten. Man kann die Claviersaite auch eben so gut über den Cylinder hinführen, ohne daß sich Etwas in den Erscheinungen änderte. Von den beyden Indifferenzlinien steigern sich die beyden Polaritäten so, daß man auf gleiche Weise zwey Linien der stärksten magnetischen Thätigkeit annehmen kann, welche von den Linien der Indifferenz nach beyden Seiten hin um einen Quadranten abstehen. Herr Schmidt glaubt nun in den Wirkungen eines solchen künstlich erzeugten bipolaren Transversalmagneten und des Galvanischen Schließungsdrathes vollkommene Uebereinstimmung zu finden, und gründet diese vorzüglich auf folgende Versuche.

1) Ein Hauptversuch betrifft das gleiche Verhalten eines solchen Transversalmagneten und des Schließungsdrathes gegen die verschiedenen Stellen einer Magnetnadel, in Uebereinstimmung mit dem 32. Paragraphe. Man halte einen cylindrischen Transversalmagneten in einer verticalen Stellung so neben den Mittelpunct einer horizontal schwebenden Magnetnadel, daß seine Linie der Indifferenz gerade nach der Mitte, und die Nord- und Südhälfte nach den gleichnamigen Polen der Magnetnadel gekehrt sind. Nun fahre man mit dem Transversalmagneten langsam nach dem einen Ende der Magnetnadel, z. B. nach dem Nordende zu: so wird dieses Ende abgestoßen, die Abstoßung nimmt zu,

dann wieder ab, und verschwindet endlich, wenn der Transversalmagnet einem Puncte nahe an der Spitze gegenüber gekommen ist; zwischen diesem Puncte und der Spitze selbst findet Anziehung Statt. Dasselbe Verhalten findet Statt, wenn man den Transversalmagneten von der Mitte aus nach dem entgegengesetzten Pole, also nach dem Südpole, hinführt, nehmlich erst Abstoßung, Zunahme derselben, Abnahme, Verschwinden derselben einem ganz homolog gelegenen Puncte gegenüber, und Umwandlung der Abstoßung in Anziehung über diesen Punct hinaus. Umgekehrt verhält sich Alles in Beziehung auf Anziehung und Abstoßung, wenn die beyden polaren Hälften in Beziehung auf die Pole der Magnetnadel die entgegengesetzte Lage wie oben haben. An einer 36 Linien langen Magnetnadel fand Hr. Schmidt die beyden Indifferenzpuncte der Anziehung und Abstoßung 3 Linien von jedem Ende abstehend. Dieses Verhalten ist ganz übereinstimmend mit der von Hrn. S. für die Gesetze des bipolaren Transversalmagnetismus entwickelten Grundformel.

2) Man nehme einen Streifen von dünnem biegsamen Messingblech, einen Fuß lang und zwey bis drey Linien breit, umwickle ihn der Quere nach mit dünnem Stahldrathe, befestige den so umwundenen Streifen auf dem Tischchen des Henleyischen allgemeinen Ausladers, und entlade durch einen mit Seide umsponnenen Messingdrath, welcher mitten über den Streifen der Länge nach hinläuft, eine stark geladene Leidner Flasche; der Messingstreifen ist nun der Quere nach magnetisch, und zwar die linke Kante in Beziehung auf den (positiven) elektrischen Strom nordpolar, die rechte südpolar. Jetzt winde man den so magnetisirten Streifen um einen hohlen Cylinder von dickem Kartenpapier schraubenförmig so um, daß die einzelnen Windungen sich zwar berühren, aber nicht über einander zu liegen kommen, und befestige ihn mit etwas Siegellack.

Hängt man nun den hohlen Cylinder mit einem feinen Seidenfaden auf, so wird er sich mit seiner Axe in den magnetischen Meridian richten und zwar so, daß die Nordpolarseite der Windungen nach Norden gekehrt ist; ob die Schraube rechts oder links um den Cylinder gewunden worden ist, ist hierbey ganz einerley. Dieser Cylinder zeigt alle Erscheinungen, wie ein hinlänglich Galvanischer Strom, der durch einen schraubenförmig gewundenen Drath fließt.

3) Wird der so transversal magnetisirte Streifen, statt schraubenförmig um einen Cylinder von Kartenblatt, mehrmals so übereinander gewunden, daß sich die einzelnen Windungen desselben decken, und daß man also, wenn man den Kartenblattcylinder herauszieht, einen hohlen Ring mit concentrischen Windungen hat, so zeigt dieser Ring alle Erscheinungen, welche wir oben von De la Rives kleinem, aus einem kreisförmigen Multiplicator gebildeten Apparate angeführt haben (s. XV. 93.).

4) Eine aus zwey concentrischen Ringen von mit Stahldrath umwickelten Messingstreifen, mit einer Breite von 3‴ der einzelnen Ringe und einem Halbmesser von 6‴ des innern Rings, bestehende Vorrichtung, in welcher durch Hindurchführung eines starken Entladungsschlages durch einen um die beyden Ringe herum geführten, mit Seide übersponnenen Clavierdrath der Transversalmagnetismus erregt worden war, verhielt sich in ihrer magnetischen Thätigkeit vollkommen, wie eine von einem Galvanisch-elektrischen Strome durchflossene Spirale, welche an der innern Seite der Windungen südpolar, an der äußern nordpolar ist, und eine Magnetnadel, welche in ihrer Mitte aufgesetzt ist, mit der einen Hälfte die eine Hälfte der Nadel anzieht, mit der andern Hälfte die andere Hälfte abstößt.

Daß der elektrische Strom bloß *erregend* in Hervorbringung des Transversalmagnetismus wirke, davon glaubt Hr. S. einen vorzüglich entscheidenden Beweis in

jenen Versuchen, welche er Ampères Theorie entgegengestellt hat, zu finden (94.). „Wie leicht“, sagt er, „wird nicht die Erklärung, wenn wir annehmen, sowohl der elektrische Strom, als der künstliche Magnet wirken in jenen Versuchen magnetisch erregend auf die Uhrfeder. Wenn beyde Kräfte nach einer Richtung gehen, so ist ihre Wirkung gleich der Summe der Kräfte, liegen diese Richtungen aber entgegengesetzt, wie in dem Versuche 3, so ist die Wirkung gleich dem Unterschiede der Kräfte, welcher nach Umständen auch gleich 0 oder negativ werden kann. Daß der elektrische Strom immer transversal-magnetisch erregend wirkt, und zwar in Beziehung auf seine Richtung nach derselben Seite immer dieselbe Polarität erzeugend, das kann nicht weiter erklärt werden, wie so vieles Andere in der Physik es nicht kann. Es ist Thatsache. Das aber scheint allerdings einer Erklärung zu bedürfen, warum sich die magnetisch-polaren Seiten eines elektrischen Stromes umkehren, je nachdem man sich diesen Strom über oder unter dem Körper weggehend denkt, auf welchen er magnetisch erregend wirkt. Herr Schmidt versucht eine solche Erklärung, in welcher dem elektrischen Strome zwey magnetisch entgegengesetzt wirkende, entgegengesetzt liegende Seiten zugeschrieben, und übrigens die bekannten Gesetze der Vertheilung mit zu Hülfe genommen werden.

104. So sinnreich nun auch die von Hrn. S. aufgestellte Vergleichung zwischen den Wirkungen eines bipolaren Transversalmagneten und eines elektrisch durchströmten Leiters ist, und so sehr die Uebereinstimmung Beyder in ihren Hauptverhältnissen durch überzeugende Versuche gestützt zu seyn scheint: so scheinen mir doch einige unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege zu stehen, die 1) vorzüglich darin liegen, daß sich durchaus Nichts von solchen fixen Indifferezlinien in dem Verhalten des Schließungsdrathes gegen Magnetnadeln, wie in dem Verhalten eines sol-

chen, durch künstliche Elektricität erregten Transversalmagneten zeigt. Bey diesem sind alle Erscheinungen wesentlich durch diese Linien und durch die Lage der Magnetnadel gegen sie bestimmt. Nichts von allem diesem zeigt sich beym Schließungsdrathe. Dieser zeigt vielmehr in seinem ganzen Umfange, wie aus so vielen Verhältnissen deutlich hervorgeht, überall dieselben magnetischen Kräfte, nur nach entgegengesetzten Richtungen wirkend, oder vielmehr die ganze Verschiedenheit der Erscheinungen hängt lediglich ab von der verschiedenen Beziehung, welche der an sich in jedem Puncte identisch wirkende Leitungsdrath gegen die verschiedenen Seiten der Magnetnadel, ihre obere, untere, westliche und östliche hat. Die wesentliche Verschiedenheit eines fixirten bipolaren Transversalmagneten mit der von Hrn. S. angenommenen Vertheilung der Kräfte und einem Schließungsdrathe ergibt sich deutlich genug bey näherer Ansicht des unter 1. oben (102) mitgetheilten Versuchs. Es gilt nehmlich die große Uebereinstimmung der Phänomene nur dann, wenn der Leitungsdrath mit seiner Indifferenzlinie der Magnetnadel gegenüber steht; sie fallen aber durchaus verschieden aus, wenn man eine der polaren Seiten des Transversalmagneten der Nadel gegenüberstellt. Dagegen wirkt der lothrechte Leitungsdrath rund um seine ganze Peripherie herum auf dieselbe Weise auf die Magnetnadel, wenn diese ihm nur immer dieselbe Seite darbietet. Man kann in gewisser Hinsicht sagen, daß jede mit seiner Axe parallele Linie längs der Außenseite des Schließungsdrathes eine solche Indifferenzlinie ist, wie sich nur deren zwey an jenem Schm. Transversalmagneten befinden. Dieselben Schwierigkeiten zeigen sich auch, wenn man das Verhalten eines mit seiner Axe horizontal gestellten Transversalmagneten gegen eine frey schwebende Magnetnadel mit dem eines Schließungsdrathes vergleicht. Alles ist hier an eine bestimmte Lage der Indifferenzlinien

gebunden, wovon sich keine Spur in den vom Schließungsdrathe abhängigen Phänomenen zeigt. 2) Auch muß sich schon diese wesentliche Verschiedenheit des Schließungsdrathes von einem nach Hrn. Schmidts Methode erzeugten Transversalmagneten aus der Art der Erzeugung Beyder ergeben. In diesem wird der Magnetismus nur von einer Seite her erregt, und muß also diese Einseitigkeit an sich tragen. Der elektrische Strom wirkt gleichsam hier nur in der Linie und längs der Linie, welche parallel mit der Claviersaite ist, durch welche die elektrische Entladung geht, — dagegen ist die Wirkung des Galvanisch-elektrischen Stromes allseitig auf den Schließungsdrath, der gleichsam von ihm umfaßt wird. Eben wegen dieser Art der Durchströmung des Schließungsdrathes ist die Lage und Vertheilung der Indifferenzlinien am Schließungsdrathe nach der obigen Analogie nicht anders zu bestimmen, als daß sie denselben rund umgeben, oder jede Linie an seiner Außenseite der Länge nach und parallel mit seiner Axe eine Indifferenzlinie ist.

Anhang.

Faradays Princip der kreisförmigen Bewegung.

---

105. Wir haben unter den Theorieen des Elektro-Magnetismus dem Principe, aus welchem Faraday alle Erscheinungen abzuleiten sucht, keine besondere Stelle eingeräumt. Faraday selbst scheint zwar das von ihm in einer so zahlreichen Reihe sinnreich angestellter Versuche nachgewiesene Gesetz der Umkreisung der Pole eines Magnets um einen elektrisch durchströmten Schließungsdrath, und zwar

nach entgegengesetzter Richtung und umgekehrt, als ein Grundgesetz an die Spitze gestellt zu haben, indem er sich vorzüglich bemühte, auch in denjenigen Erscheinungen, die nicht ganz augenscheinlich das Gepräge dieses Gesetzes an sich tragen, die mehr verborgenen Spuren desselben aufzudecken, wie oben (XIV. 73—77.) näher nachgewiesen worden ist. Die Natur einer kreisförmigen Bewegung deutet indessen noch auf eine Zusammensetzung von Kräften, und fordert zu einer fernern Analyse auf, um die einfachen Elemente derselben aufzufinden, die das Ziel jeder ächten Theorie seyn müssen. Es kann hier zuerst die Frage aufgeworfen werden, ob irgend eine der bisher abgehandelten Theorieen, mit strenger Consequenz durchgeführt, von selbst auf solche kreisende Bewegungen, als nothwendige Folgerungen aus derselben, geführt haben würde. In diesem Falle könnte eine solche Theorie das Recht der Priorität der Entdeckung gleichsam für sich in Anspruch nehmen. Oft aber bleibt dem Verfasser einer Theorie Manches noch verborgen, was in der Tiefe derselben liegt, und wenn das Experiment unabhängig von der Idee das Factum zu Tage gefördert hat, so wird dann die Theorie selbst erst in ein helleres Licht gestellt. Man hat behaupten wollen, daß in Oersteds Wirbeltheorie die unmittelbare Andeutung solcher kreisenden Bewegungen gelegen habe, ja daß man vom Anfange an die Richtigkeit derselben auf diesen Probierstein gebracht, aber nicht bewährt gefunden habe. In der That hat Schweigger dem ersten Anscheine nach dahin gezielt, indem er gleich nach der ersten Bekanntwerdung der Oerstedischen Entdeckung und der von dem Entdecker freylich nur sehr kurz angedeuteten Erklärung äußerte*), daß, wenn die Idee von einer Wirbelbewegung richtig wäre, es

*) Dessen N. J. I. 15.

möglich seyn müßte, eine anhaltende Axendrehung (der Magnetnadel entweder, oder einer zweckmäßig geschlungenen, um eine Axe beweglichen elektro-magnetischen Drathschleife) vermittelst des durch keinen unserer Sinne unmittelbar wahrnehmbaren elektrischen Conflictes zu bewirken. Es müßte (so lauten seine Worte) durch eine leicht auszudenkende Abänderung des elektrischen Multiplicators leicht dahin zu bringen seyn, daß z. B. der Nordpol der Nadel von einem Wirbel zum andern im Kreise herumgedreht würde. Bey wirklicher Anstellung des Versuchs konnte jedoch Schweigger keinen solchen Erfolg erhalten. Man sieht von selbst ein, daß diese Art von Kreisbewegung, wenn sie auch zu Stande gebracht worden wäre, doch wesentlich abgewichen hätte von den durch Faraday entdeckten Rotations-Bewegungen. Dasselbe gilt von „jener continuirlichen Rotations-Bewegung der Nadel", welche Herr Ermann nach seinem Principe eines diagonaloiden Magnetismus durch einen Poggendorfschen (Schweiggerschen) Multiplicator, der kreisförmig den einen Pol einer Magnetnadel umschlingt, bewirken zu können erwartete*). Dagegen hat Herr Professor Pohl in dem Geiste des Circular-Magnetismus, der mit der Wirbeltheorie auf keine Weise zu verwechseln ist, wirklich kreisförmige Bewegungen in der Idee anticipirt, die mit der von Faraday dargestellten weit mehr übereinstimmen. Die hierher gehörige Stelle findet sich in seinem, im vierten Hefte der Isis vom Jahre 1822, S. 390, abgedruckten Aufsatze: Beyträge zur näheren Kenntniß des Elektro-Magnetismus. Er denkt sich einen Ring aus weichem Stahlbleche so magnetisirt, daß er eine Zone des Schließungsdrathes darstellt. Diesen, wie er ihn nennt, rotirenden Ring stellt er in der Fig. 4.

---

*) Dessen Umrisse. S. 110. 111. u. Schweiggers Journ. II. S. 50.

horizontal, mittelst eines in seinem Centrum befindlichen Hutes, auf einer Spitze schwebend dar, und zugleich mittelst eines radienförmigen Trägers um den senkrecht in dem Mittelpuncte des Kreises dieses Radius aufgestellten wirkenden Magnetpol beweglich, und erwartet nun von der Einwirkung dieses Pols nicht bloß eine drehende Bewegung des Rings um seine verticale Axe nach der einen oder andern Richtung, je nachdem dieser oder jener Pol der wirkende ist, sondern auch eine peripherisch-progressive Bewegung in der Kreislinie, in gleicher Richtung, wie die rotatorische. Wenn nun gleich das erst später angestellte Experiment diese aus der Theorie geschöpfte Voraussagung bestätigt hat, und eben damit für die Richtigkeit der Theorie Gewähr zu leisten scheint: so kann ich doch den Erfolg mit den Elementen des Circular-Magnetismus, wie er von Herrn Pohl selbst angenommen wird, nicht in Uebereinstimmung bringen; denn nach dieser Ansicht ist der Magnetismus gleichsam die transversale Spannung der Elektricität, und die beyden Pole sind die nach entgegengesetzter Richtung aus einander gehenden Thätigkeiten dieser transversalen Spannung. Wenn nun der eine Pol anziehend, der andere abstoßend auf den Pol eines Magnets und zwar in gerader Richtung wirkt, so sollten die abstoßende und anziehende Wirkung, die der wirkende Magnetpol gleichmäßig auf jeden ihm gerade gegenüberstehenden, oder zu beyden Seiten, in gleicher Entfernung von demselben, auf beyden Seiten befindlichen Punct ausübt, sich wechselseitig das Gleichgewicht halten, und es müßte demnach zu keiner Rotations-Bewegung kommen können. Daß in den wirbelförmigen Bewegungen der Elektricität unmittelbar, wie sie nehmlich nach der Oerstedschen Ansicht vorausgesetzt werden, der Grund jener rotirenden Bewegungen eben so wenig zu finden ist, scheint mir gleichfalls klar zu seyn; denn da hier entgegengesetzte Wirbel angenommen werden, so müßten

wenigstens die mechanischen Wirkungen derselben auf den einzelnen Pol sich wechselseitig aufheben, es wäre denn, daß man jedem Wirbel nur eine einseitige Wirkung auf den einzelnen Pol zuschriebe. So weit ich die Sache einsehe, scheint mir daher immer noch in Ampère's Theorie die genügendste Erklärung dieser rotirenden Bewegungen zu finden zu seyn.

Theoretische Schlußbetrachtungen.

106. Werfen wir nochmals einen Blick auf das Ganze zurück, so finden wir, daß wir, trotz aller bisherigen Bemühungen, noch weit von dem Ziele entfernt sind, das gleich beym ersten großen Schritte auf dieser neuen Bahn uns so nahe zu seyn schien. Es fehlt vielmehr durchaus noch an einer Uebereinstimmung der Physiker in der Theorie des Elektro-Magnetismus, und sie scheint vielmehr sich in dem Verhältnisse entfernt zu haben, in welchem wir in der experimentalen Untersuchung selbst vorwärts geschritten sind. Eine Hauptschwierigkeit liegt vorzüglich darin, daß uns die Natur der Elektricität selbst noch so dunkel ist. Würden wir über das wahre Verhältniß des + und — E zu einander im Reinen seyn, so würden wir ohne Zweifel auch den Ort sicherer bestimmen können, den wir dem + und — M anzuweisen haben. Man hat in allen bisher vorgetragenen Ansichten über das wahre innere Verhältniß beyder Elektricitäten, sofern in demselben der Grund zu einer so merkwürdigen Umwandlung ihrer Thätigkeiten liegt, als der Elektro-Magnetismus sie uns darstellt, nicht genug

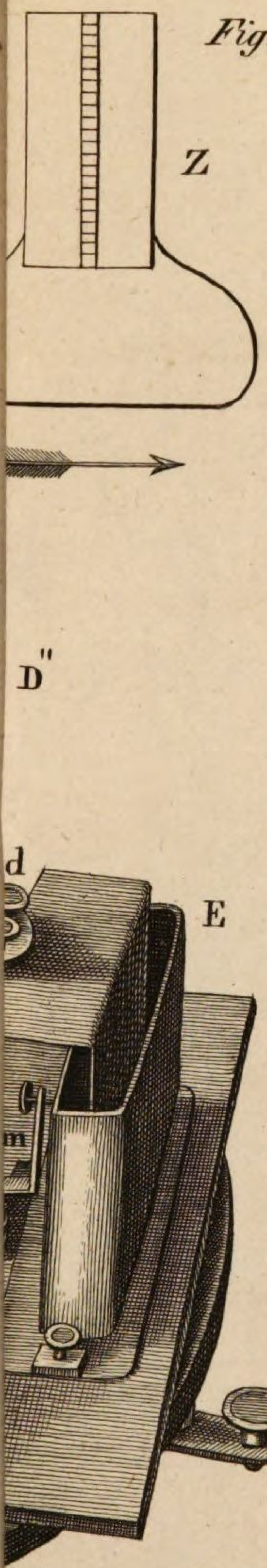
auf die Möglichkeit von Zersetzungen und Zusammensetzungen, die hierbey vorgehen könnten, Rücksicht genommen. In jeder Ausgleichung beyder Elektricitäten, die mit magnetischer Thätigkeit verknüpft ist, tritt Wärme und gewöhnlich auch Lichtentwicklung auf. In der Gluth des Leitungsdrathes entzündet sich gleichsam der Magnetismus am kräftigsten. Sind vielleicht in den beyden entgegengesetzten Elektricitäten beyde Magnetismen gebunden, und zwar jeder an ein fluidum deferens, das mit ihm vereinigt die Elektricität selbst bildet? + E würde dann + M, verbunden mit einem x, und — E seinerseits — M mit einem y seyn. In dem Acte der Ausgleichung würden x + y Wärme und Licht geben, und + und — M in ihrer reinen Form auftreten. So lange die Ausgleichung dauert, würden beyde Magnetismen gleichsam getrennt erscheinen, weil der ganze Act zunächst von der Anziehung des x zum y abhinge; so wie aber die Ausgleichung aufgehört hat, würden in den vollkommenen Leitern des Magnetismus, den gewöhnlichen Metallen, beyde Magnetismen zu 0 M zusammentreten, oder wenigstens, wegen ihrer gleichförmigen Vertheilung in jedem einzelnen Theilchen, durch ihre wechselseitige Bindung latent seyn, während in Stahl und den magnetischen Metallen, als relativen Isolatoren des Magnetismus, die beyden Magnetismen in ihrer Trennung beharrten. Daß die Magnetismen in dem Schließungsdrathe der Quere nach wirken, ist eine nothwendige Folge der Richtung, in welcher die Ausgleichung geschieht, die von den Enden der Länge des Schließungsdrathes ausgeht. Unter dieser Voraussetzung würden allen Körpern beyde Magnetismen gleichmäßig zukommen, die gleichsam an einander ruhend die Cohäsion begründeten. Diese beyden Magnetismen würden auch die Fähigkeit aller Körper mit sich führen, unter bestimmten Bedingungen Elektricität, sowohl die negative, als positive, an sich entwickeln zu lassen. Die W ä r m e würde

bey dieser Ansicht dadurch das antagonistische Princip der Cohäsion seyn, daß sie die an einander ruhenden Magnetismen gleichsam aus einander treten machte, wie dieß namentlich in der Erregung des Magnetismus durch Erwärmung in der Sphäre des Thermo-Magnetismus der Fall ist. Daß auch hier der Magnetismus in transversaler Richtung auftritt, ist eine eben so nothwendige Folge, weil die Wärme zwischen die kleinsten Theilchen eindringt, und also in jedem Querschnitte die Magnetismen nothwendig an der äußern Peripherie frey werden müssen. Diese Art von Verwandtschaft der Elektricität und des Magnetismus und der Verwandlung der einen in den andern scheint wenigstens mehr Analogie für sich zu haben, als jede andere, bis jetzt wenigstens noch nicht sehr klar gemachte Annahme einer bloßen Veränderung der Wirkungsform. Ich gestehe wenigstens aufrichtig, daß Erklärungen, wie sie in dem übrigens sehr geistreich geschriebenen Aufsatze des Herrn Pohl in dem vierten Stücke der Isis niedergelegt sind, so wie die damit verwandten Ansichten Prechtls mir Nichts von der Dunkelheit zerstreut haben, welche auf den eigentlichen Tiefen dieser Lehre noch ruht. Denn daß Redensarten, wie die: „daß die elektrische Longitudinal-Spannung dadurch zum Magnetismus werde, daß sie durch eine Art von Hinausstreben über das Gleichgewicht oder die Indifferenz, nach welcher das + und — E in der Longitudinal-Spannung strebten, in transversale Spannung sich verwandle", im Grunde weiter Nichts aussagen, als das bloße Factum, das erklärt werden soll, und daß das von einem Streifen elastischen Harzes hergenommene Bild, der vorher der Länge nach gespannt, im Augenblicke der aufgehobenen Spannung in sich zurückschnellt und der Breite nach hinauswirft, nur auf eine veränderte Richtung, aber keineswegs auf eine veränderte Form der Wirkung hinweist, bedarf nicht weiter aus einander ge-

setzt zu werden. Ehe wir überhaupt zu einer genügenden Theorie der elektro-magnetischen Erscheinungen gelangen können, müssen wir den Magnetismus und vorzüglich die Bedingungen seiner Erregung noch nach Richtungen hin untersuchen, die für uns jetzt erst ein neues Interesse gewonnen haben, nachdem die glänzende Entdeckung Oersteds uns die Bürgschaft verschafft hat, daß auf allen diesen Wegen noch reiche Früchte zu ärnten sind. Schon hat sich ein zweytes Gebiet eröffnet, das besonders reiche Ausbeute in dieser Hinsicht verspricht, ich meine das des Thermo-Magnetismus. Auch in diesem spielen die Metalle die Hauptrolle, sie, die zugleich die beßten Leiter der Elektricität sind. Es ist bemerkenswerth, daß dieselbe Art der Einwirkung (ungleiche Erwärmung), welche in diesen vollkommenen Leitern der Elektricität magnetische Pole, und zwar der Quere nach, hervorruft, in den Isolatoren der Elektricität, den Metalloxyden, statt der magnetischen, elektrische Pole mit freyer Spannung den Längenaxen nach erregt. Reducirt sich auch hier Alles auf Daseyn oder Abwesenheit von strömender Elektricität im Ampèreschen Sinne? Werden etwa durch die Erwärmung die Metalltheilchen beweglich genug, daß sich die sonst unordentlichen elektrischen Ströme in bestimmte Lagen ordnen und somit in bestimmten Richtungen magnetische Anziehungen äußern können? Dieser Erklärung steht indessen im Wege, daß ein Metallstab von gewöhnlicher Temperatur auch durch künstliche Erkältung in einem seiner Theile zum Magneten wird. Ein anderweitiges Verhältniß, das von neuem mit Eifer zu untersuchen ist, betrifft die Erregung des Magnetismus durch das Licht, an deren Wirklichkeit wohl nicht mehr zu zweifeln ist, wenn auch das Ganze sich auf ein bloßes thermo-magnetisches Verhältniß zurückführen lassen sollte. Endlich sind auch die früheren Versuche Ritters über die Wirkung geschlossener Ketten auf die Erhöhung und Depression der Erregbarkeit

aus dem neuen Gesichtspuncte, welchen die Entdeckung des Elektro-Magnetismus eröffnet hat, einer Revision zu unterwerfen. Nur wenn die von allen Seiten her ausströmenden Strahlen sich in einem focus vereinigen, wird in diesem selbst uns gleichsam eine neue Sonne aufgegangen seyn, welche über das bisher immer noch so dunkle Wesen der ätherischen Flüssigkeiten und ihr Verhältniß gegen einander das hellste Licht verbreiten wird.

Tab.1.

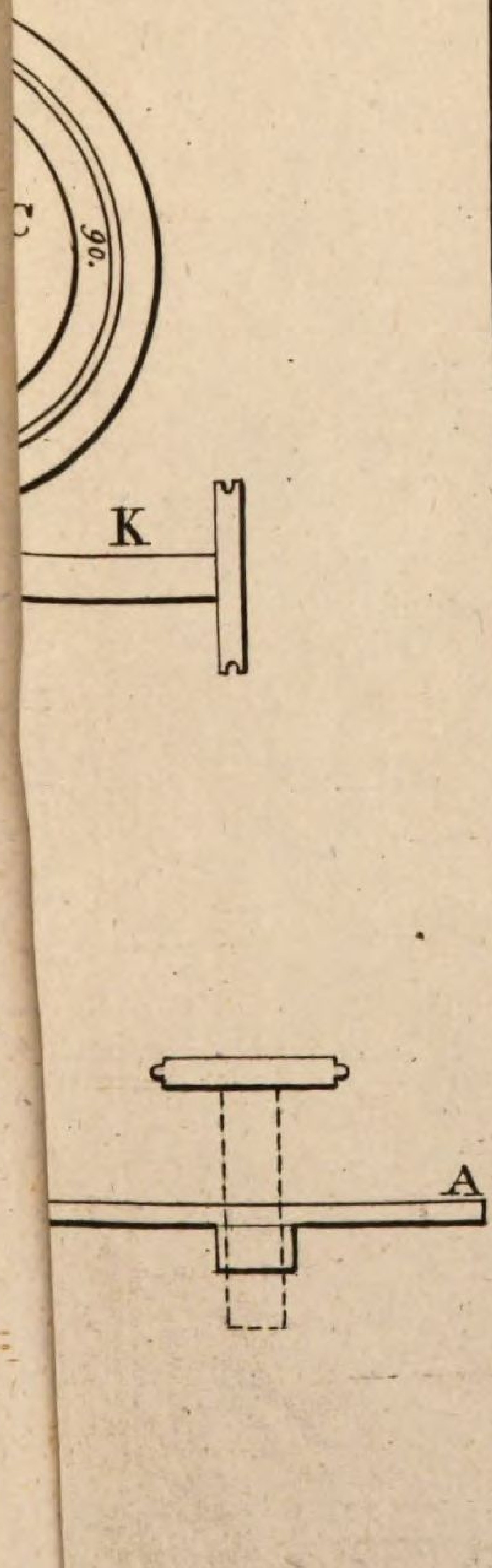


Tab. II.
45° Fig 5.
80°
90°
Fig 7.
90°
NO Fig 9.
Fig 11.
90°
SO

Tab. II.
45° Fig. 5.
80°
90°
Fig. 7.
90°
NO Fig. 9.
35° Fig. 11.
90°
SO

Tab. III.

Tab. III.



Tab. VI.

Fig 25

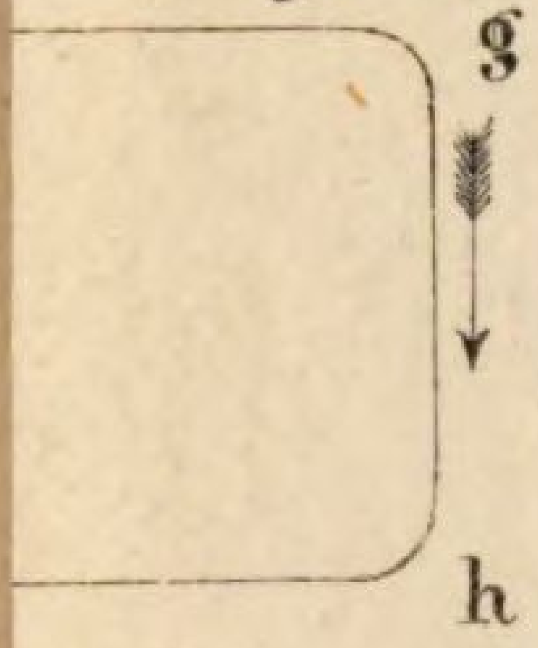
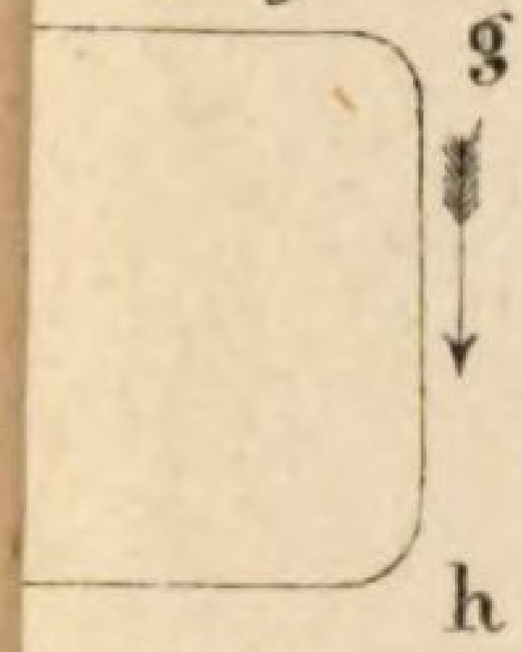


Fig 28

Tab. VI.

Fig 25



ig 28

Tab IV.
Fig 14
Fig 16
Fig 17.
3

Tab IV.
Fig 14
Fig 16
Fig 17.
3

Tab. V.

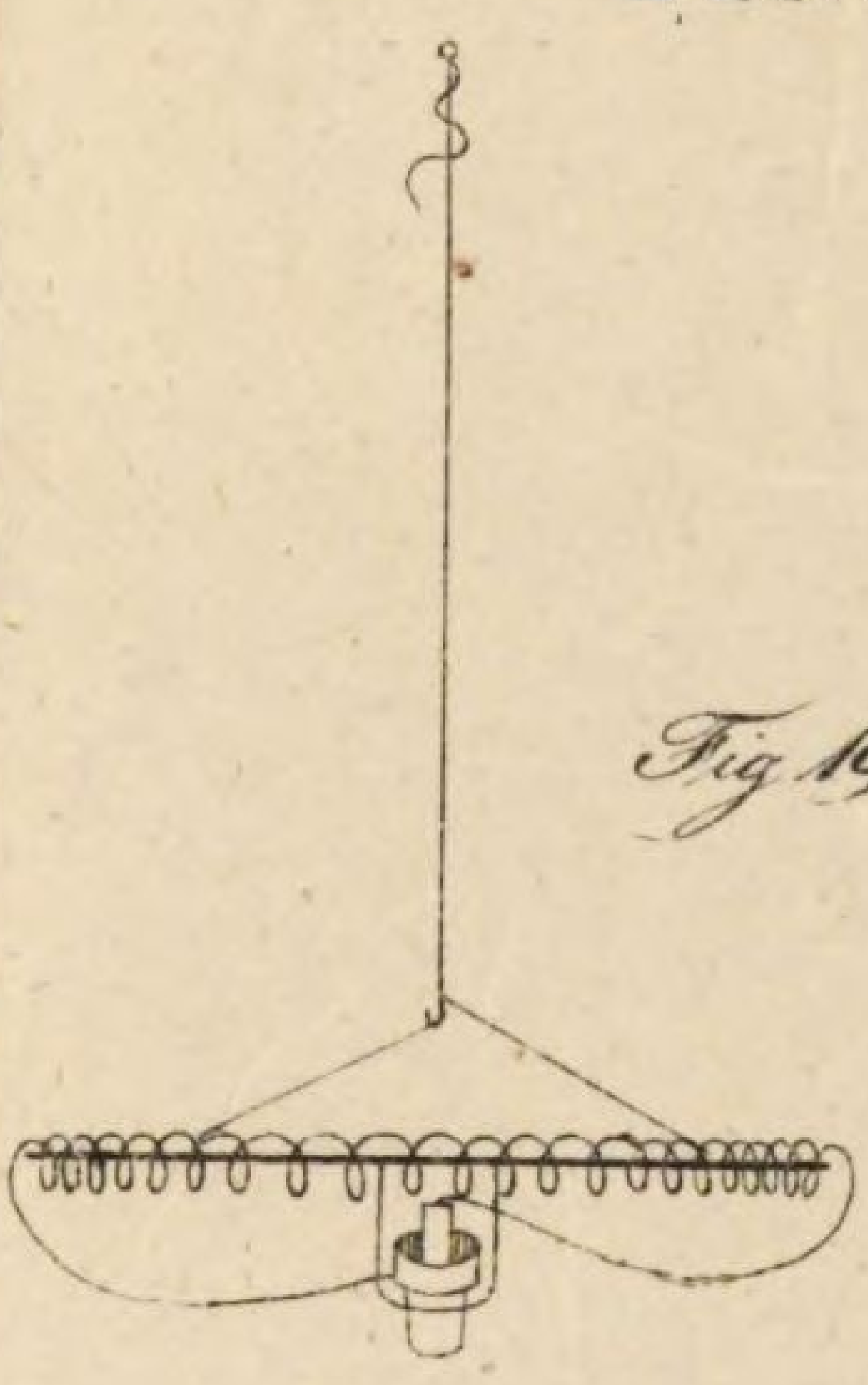
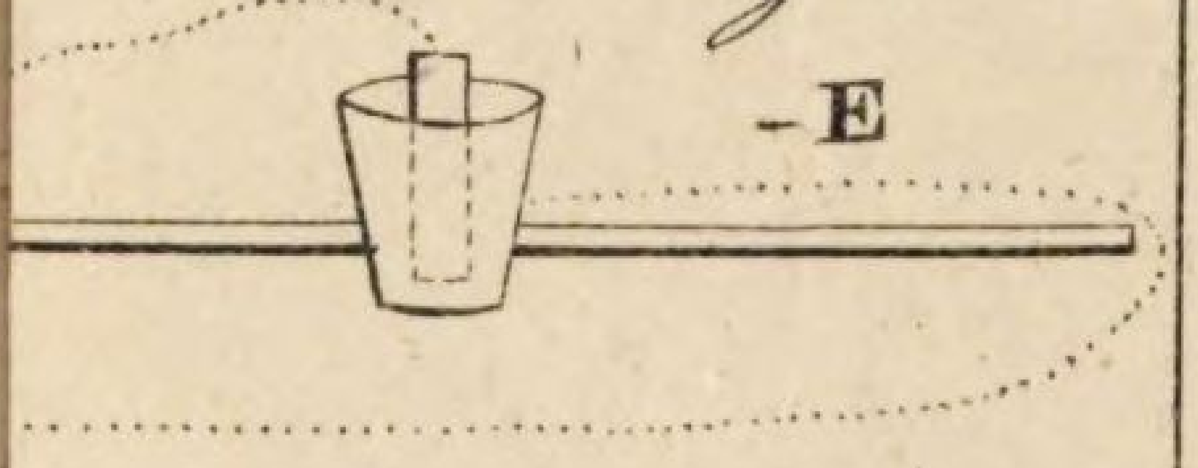


Fig. 19.

Fig. 21.



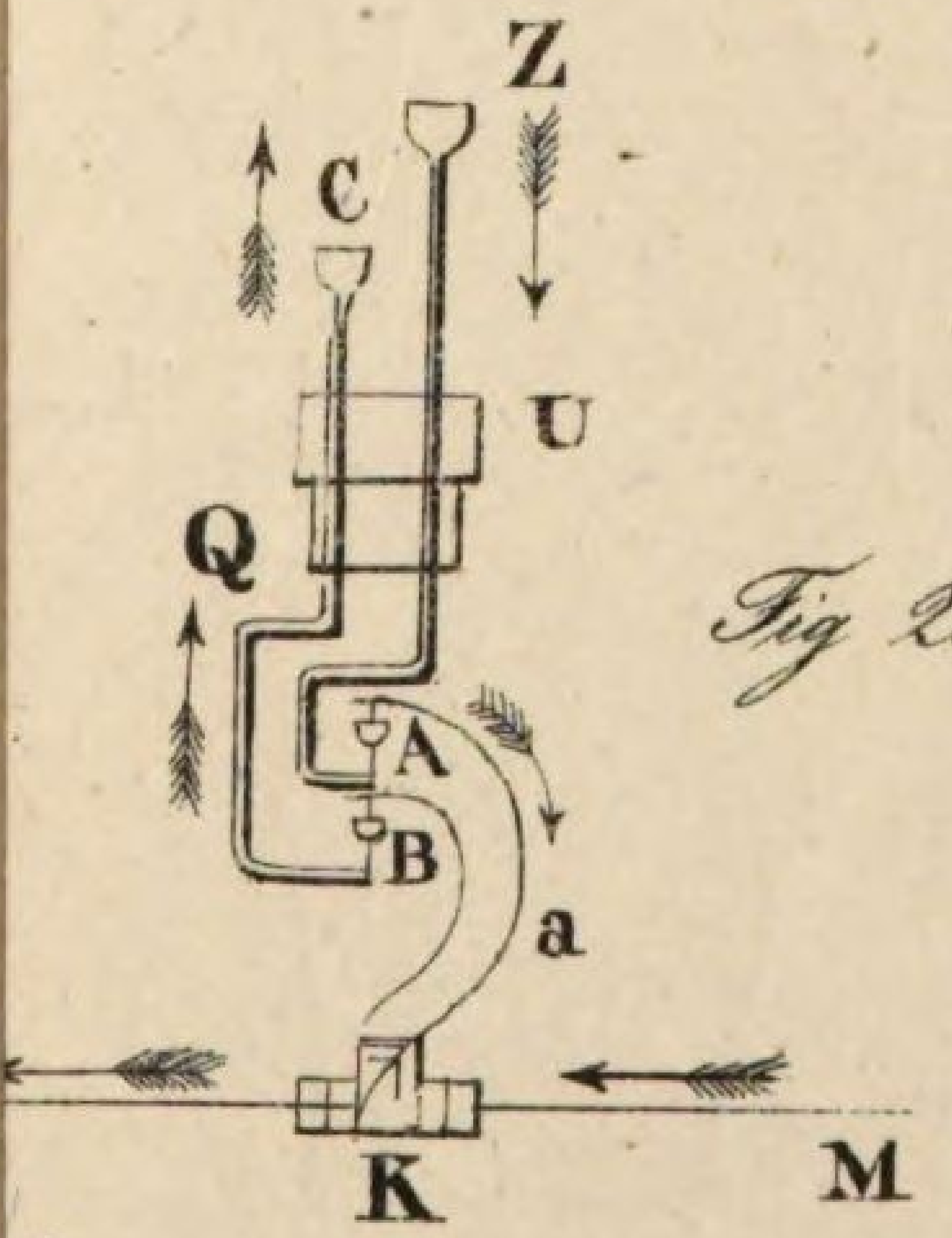
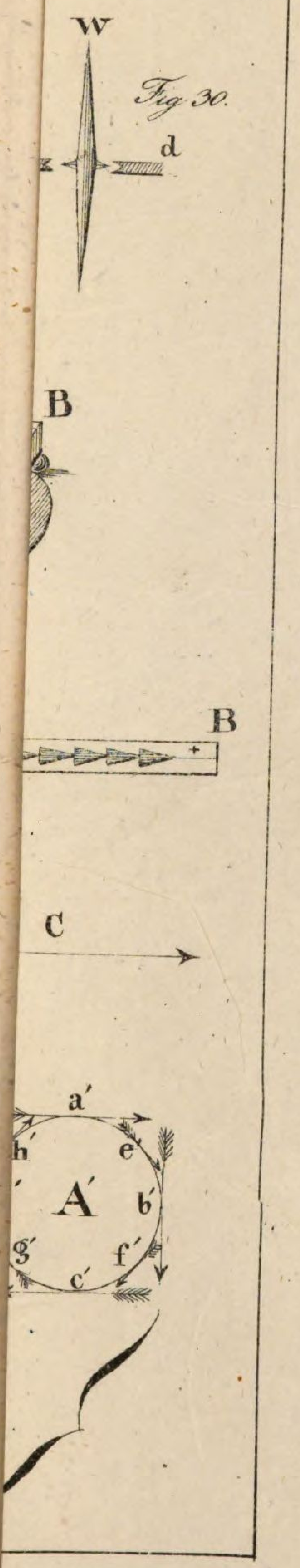


Fig. 23.

Tab. VII.

Fig. 30.



Tab. VII.

Tab. VIII
4
a
a
A
d
a′
A′
d′
36.
−
+
−
f
D
h
Fig 38
+
C

Tab. VIII
4
a
a
A
d
a'
A'
d'
36.
-
+
-
f
D
h
Fig 38
+
C

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Pfaff, Christoph Heinrich,

Der Elektro-Magnetismus eine historisch-kritische Darstellung der bisherigen Entdeckungen auf dem Gebiete desselben, nebst eigenthümlichen Versuchen

Hamburg 1824

Phys.sp. 505 b
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134449-3